

Der normale Fluorgehalt des menschlichen Organismus

von
Jürgen Föller
aus
Dessau

1970

Aus dem Institut für Rechtsmedizin
der Universität Erlangen-Nürnberg
Direktor: Professor Dr. Dr. E. Weinig

Der normale Fluorgehalt des menschlichen Organismus

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt

von

Jürgen Föller

aus

Dessau

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät
der Universität Erlangen-Nürnberg



Dekan:	Prof. Dr. W. Schiefer
Referent:	Prof. Dr. Dr. Geldmacher-von Mallinckrodt
Koreferent:	Prof. Dr. Dr. E. Weinig

Tag der mündlichen Prüfung: 15. 12. 1970

Inhaltsverzeichnis:

I.	EINLEITUNG	Seite	1
II.	PROBLEMSTELLUNG		3
III.	BESTIMMUNG VON FLUOR IN ORGANISCHEM MATERIAL		4
IV.	PHYSIOLOGISCHER FLUORGEHALT IM MENSCHLICHEN ORGANISMUS		8
	1. Normaler Fluorgehalt in verschiedenen Organen		8
	2. Normaler Fluorgehalt im Blut		18
	3. Fluorgehalt im Blut bei bestimmten Krankheiten		25
	4. Normaler Fluorgehalt im Urin		27
	5. Normaler Fluorgehalt in der Muttermilch		33
	6. Normaler Fluorgehalt in den Knochen		35
	7. Normaler Fluorgehalt in den Zähnen		46
	8. Gesamtfluorgehalt blut-leerer Leichen		53
V.	MÖGLICHKEITEN DER PHYSIOLOGISCHEN FLUORZUFUHR		55
	1. Tägliche Fluorzufuhr aus Nahrung und Trinkwasser		55
	2. Fluorzufuhr durch Nahrungsmittel pflanzlicher Herkunft		57
	3. Fluorzufuhr durch Nahrungsmittel tierischer Herkunft		64
	4. Fluorzufuhr aus dem Trinkwasser		69
VI.	DISKUSSION		73
VII.	ZUSAMMENFASSUNG		76
VIII.	LITERATURVERZEICHNIS		77



Digitized by the Internet Archive
in 2026

1. Einleitung

Die Bezeichnung Fluor ist vom lateinischen fluere = fließen abgeleitet. Schon im Mittelalter wurde Flußspat (CaF_2), das wichtigste Fluormineral, beim Schmelzen von Erzen verwendet (RÖMPP 1966). Fluor ist ein gelblich-grünliches Gas von stechendem Geruch. In der Natur kommt es nur gebunden vor. Die wichtigsten Verbindungen sind der Flußspat (CaF_2), der Kryolith ($\text{Na}_3 \text{AlF}_6$) und der Fluor-Apatit ($3 \text{Ca}_3 (\text{PO}_4)_2 \text{CaF}_2$).

MORICHINI (1805) entdeckte in einem fossilen Elefantenzahn als erster Fluor. Zusammen mit GAY LUSSAC zeigte er später, daß in frischen Zähnen von Mensch und Tier Fluor enthalten ist. WILSON (1846) stellte auf breiter Basis Untersuchungen an und fand, daß Fluor ein weitverbreitetes Element in der Natur sei.

BLACK und McKAY (1916) beschrieben die sogenannten "mottled teeth", die gefleckten Zähne, deren Ursache bis 1931 unbekannt blieb. SMITH, SMITH und LANTZ konnten 1931 nachweisen, daß die gefleckten Zähne im Tierversuch auf hohe Fluorkonzentrationen im Trinkwasser zurückzuführen seien. MØLLER und GUDJONSSON (1932) beschrieben die chronische Fluorvergiftung, die bei Kryolitharbeitern auftrat.

Fluor gilt als regulärer Bestandteil der belebten und unbelebten Welt. Obwohl Fluor sich zu 99% in Knochen und Zähnen ablagert und 1% sich auf Haut, Muskel, Organe, Blut und extrazelluläre Flüssigkeit verteilt (SMITH und GARDNER 1963), ist eine Lebensnotwendigkeit

bis heute noch nicht bewiesen (GORDONOFF und MINDER 1960).

Unter den Halogenen nimmt Fluor insofern eine Sonderstellung ein, als Spuren dieses Elementes einerseits für die Deponierung des Kalziums von wesentlicher Bedeutung sind, andererseits jedoch eine geringfügige Steigerung der Fluoridaufnahme toxische Symptome unter dem Bild der Fluorose auslöst (PALETTA und BEYER 1969).

Da Fluor ständig in den menschlichen Organismus gelangt, sei es durch die tägliche Nahrung oder aber durch die Inhalation von Rauch und Staub, ergeben sich oft erhebliche Schwankungen des physiologischen Fluorspiegels im menschlichen Organismus. Durch die Aufnahme von Fisch oder Tee, die eine große Fluormenge aufweisen oder durch die Luftverunreinigung in der Umgebung von Superphosphat- und Aluminiumfabriken, ergeben sich zwangsläufig höhere Fluorwerte im Organismus. Die in jüngster Zeit immer wieder geforderte Trinkwasserfluoridierung zur Kariesprophylaxe beeinflusst ebenfalls die Fluorkonzentration im Organismus.

II. Problemstellung

Die vorliegende Arbeit soll die Fluorkonzentration im Organismus nach Angaben verschiedener Autoren vergleichend darstellen. Es sollen hierbei die mannigfaltigen Faktoren, die eine Erhöhung des Fluorspiegels herbeiführen, aufgezeigt werden.

Die Vielfalt der von den einzelnen Autoren angewandten Analysenmethoden erschwert eine exakte Gegenüberstellung gefundener Werte. Ohne auf die einzelnen Methoden einzugehen, werden sie, soweit die Methode genannt ist, angegeben.

III. Bestimmung von Fluor in organischem Material

BREDEMANN (1956) weist in seiner umfangreichen Fluormonographie darauf hin, daß ältere Untersuchungsmethoden in der Regel mit Skepsis betrachtet werden sollen.

Nachweis:

Ätzprobe: Man bringt die zu untersuchende Substanz in einen Platintiegel, versetzt mit konz. H_2SO_4 und erwärmt. Den Tiegel bedeckt man mit einem paraffinierten Uhrglas, in dessen Paraffinschicht Zeichen eingekratzt sind. Nach einiger Zeit sieht man an diesen Stellen eine Anätzung des Glases. Man darf nicht so hoch erhitzen, daß das Paraffin schmilzt.

Bestimmung:

1. Destillationsmethode

Aus der Vielfalt der Analysen zur Bestimmung des Fluorgehaltes in organischem Material kristallisiert sich die Destillationsmethode heraus, die grundsätzlich in drei Teilaufgaben besteht.

- a) Veraschung des Materials und Umwandlung des Fluors in eine lösliche anorganische Verbindung
- b) Abtrennung des Fluors in Schwefelsäure oder Perchlorsäure-Wasser-Gemisch als Kieselfluorwasserstoffsäure durch Destillation von den übrigen Ionen, wie Al , B , NO_3^{2-} , NO_2^{2-} , Cl^- , S^{2-} , SO_3^{2-} , SO_4^{3-} , SO_4^{2-} , SO_4

c) Bestimmung des Fluorgehaltes im Destillat. Dies geschieht gewöhnlich durch Titration.

Bei der Fluor-Bestimmung in organischem Material ist die Zerstörung der organischen Substanz notwendig. Dies erfolgt durch die trockene Veraschung bei alkalischer Reaktion im Arbeitsgang. Zur Verwendung kommen Ca (OH)_2 oder CaO , da Calciumfluorid auch bei hohen Temperaturen nicht flüchtig ist.

WILLARD und WINTER (1933) haben eine Methode und Apparatur zur Destillation im Arbeitsgang b) angegeben, die heute mit bestimmten Modifikationen brauchbare Ergebnisse liefert.

Die Fluorbestimmung im Destillat im Arbeitsgang c) erfolgt entweder colorimetrisch oder titrimetrisch. Die colorimetrischen Verfahren beruhen darauf, daß das Fluorion eine starke Neigung hat, mit Metallen wie Aluminium, Eisen, Titan und Zirkonium Komplexe zu bilden. Die Neigung ist so stark, daß aus Farblacken, die z.B. das Zirkonium mit bestimmten Anthrachininderivaten bildet, diese Farblacke vom Fluor verdrängt werden. Es kommt somit zur teilweisen bis völligen Entfärbung, die von der Fluormenge abhängig ist.

Die von De BOER (1925) angegebene Zirkoniumalizarinmethode ist die gebräuchlichste.

2. Diffusionsmethode

Die Analysensubstanz wird in Perchlorsäure gelöst. Im geschlossenen Polyäthylengefäß wird Fluorwasserstoff bei einer Temperatur von 50°C ausgetrieben und an einem mit Natronlauge getränktem Filterpapierstreifen absorbiert.

Nach Abschluß der Diffusion überführt man den Streifen in einen Meßkolben und eluiert mit Wasser. Die colorimetrische Ermittlung des Fluorgehaltes im Eluat wird ermöglicht durch die Ausbleichung bestimmter Farbkomplexe.

Diese Methode wurde angewandt von:
SINGER und ARMSTRONG (1954), STEGMANN und JUNG (1959), HALL (1963).

Andere Methoden unterscheiden sich praktisch nur in dem Farbkomplex. Die gebräuchlichsten Methoden sind der Thorium-Alizarin-Komplex (BLOCH 1955), Zirconium-Erio-chrom-Cyanin-Komplex (MEGREGIAN 1954) und der Aluminium-Hämatoxylin-Komplex (PRICE und WALKER 1952).

3. Elektrometrische Fluorbestimmung

PALETTA und BEYER (1969) beschrieben in ihrer Arbeit Prinzip und Methodik des elektrometrischen Bestimmungsverfahrens. Hierbei handelt es sich um eine fluoridempfindliche Festkörperelektrode, deren Aufbau im Prinzip einer Glaselektrode gleicht. Anstelle der Glasmembran sitzt ein dünnes Plättchen, das aus einem Lathan-Fluorid-Kristall geschnitten wurde. Dieses Kristallplättchen dient als ionensensitive Membran für die Leitfähigkeit der zu erfassenden Fluoridanionen. Außerdem trennt das Kristallplättchen eine im Elektrodeninneren befindliche Bezugslösung mit bestimmter Fluoridionenaktivität von der äußeren Probelösung ab. Die Verteilung der Fluoridionenaktivität zwischen diesen zwei Lösungen bewirkt ein Potential, das dem Logarithmus der Fluoridionenaktivität in der Probelösung proportional ist (PALETTA und BEYER 1969, BARNES und RUNGIE 1968).

4. Fluorbestimmung mit dem Ringofen

Bei dieser Methode bedient man sich der Aluminium-Chromazurol-Lösung, wie sie von BALLCZO und WEISZ (1957) entwickelt wurde. Dieser blaue Farbstoff geht mit Fluorionen Komplexbildungen ein, die in Alkohol löslich sind und auf dem Filterpapier als rosaroter Ring sichtbar werden. Der Ringofen, der aus einem beheizbaren Aluminiumblock mit zentrischer, vertikaler Bohrung von 22 mm besteht, wird mit einem Rundfilter abgedeckt. Auf das Filter wird die genannte Aluminium-Chromazurol-Lösung aufgebracht und bei 60 - 70°C mit dem Warmluftgebläse getrocknet.

Das zu untersuchende biologische Material wird nach der Aufbereitung, wie sie von HAUCK und TERAJ (1968) angegeben wird, als klare, niederschlagsfreie Lösung ebenfalls auf den Rundfilter aufgebracht und getrocknet. Mit Äthylalkohol wird der durch Fluor freigesetzte Farbstoff in die Ringzonen gewaschen und durch die erwärmte Wand des Ringofens begrenzt, da das Lösungsmittel an der Oberfläche verdampft. Die Ringofenmethode führt zu einer Konzentrierung des Fluors in Form scharf ausgeprägter Ringe, die mit sogenannten Standardringen analysiert werden können.

IV. Physiologischer Fluorgehalt im menschlichen Organismus

1. Normaler Fluorgehalt in verschiedenen Organen des Menschen

GETTLER und ELLENBROOK (1939) haben in einer detaillierten Arbeit mit der Thorium-nitrat-Alizarin-Methode, die sie nach eingehenden Untersuchungen als die genaueste und einfachste Methode zur Bestimmung kleiner Fluormengen im menschlichen Gewebe ermittelten, menschliche Organe untersucht.

Die Untersuchung umfaßt folgende Organe: Leber, Niere, Gehirn, Lunge und Milz.

Weiterhin wurden Urin, Knochen und Zähne untersucht. Zur Kontrolle wurden einigen Proben bekannte Fluormengen zugegeben. Die Ergebnisse über die gefundenen Fluormengen von Leber, Niere, Gehirn, Lunge und Milz sind in der Tabelle 1 zusammengefaßt. Die Angaben erfolgen in γ % Frischsubstanz.

Tabelle 1:

Fluorgehalt einzelner Organe (F in %)

Organ	gefundener Wert in %
Leber	36 - 70
Niere	56 - 78
Gehirn	40 - 68
Lunge	16 - 42
Milz	25 - 30
Schilddrüse	25 - 30
Herz	44 - 60

Aus der Tabelle 1 wird ersichtlich, daß in menschlichen Organen geringe Fluormengen zu finden sind. Die Fluorkonzentrationen bewegen sich in der Größenordnung zwischen 20 und 80 %.

In keinem Organ kommt es zur Anhäufung von Fluor.

MATUURA und Mitarbeiter (1955) bestimmten durch Colorimetrie aufgrund der Farbreaktion des Aluminium-Hämatoxylin-Komplexes den Fluorgehalt des menschlichen Körpers. Um die gefundenen Werte zu überprüfen, wurden einige Proben mit der Thoriumnitrat-Farbreaktion analysiert. Aus ihren umfangreichen Tabellen sind die Werte für die Organe Leber, Niere, Lunge, Herz, Milz, Magen, Pankreas, Gehirn und Darm in Tabelle 2 zusammengestellt. Die Angaben beziehen sich auf das Frischgewicht des jeweiligen Organes.

Tabelle 2:

Fluorgehalt einzelner Organe (F in %),

Organ	Teil des Organes	Indiv.	F (%)
Lunge		D	2200
		A	450
		B	890
Herz	Myocard Tricuspidalis und Endocard	A	130
		A	660
		B	240
Milz		D	1800
		A	580
		B	260
		D	1300
Magen		A	670
		B	290
Darm	Jejunum u, Ileum	A	670
		A	430
	Colon	E	800
		E	800
		F	200
Appendix	Sigmoid	A	280
		B	3800
		D	180
Pankreas		A	280
		B	250
Leber		A	280
		B	250
Niere	Kapsel der Niere	A	640
		B	9400
		B	210
		D	2000
Gehirn	Pia mater	A	4300
		A	180
	graue Substanz	A	760
		A	1000
	weiße Substanz	A	800
		D	1100
	Großhirn		1600
	Kleinhirn		

Anmerkung zu Tabelle 2:

- A männlich, Alter 64 J. starb an einem Verkehrsunfall
 B männlich, Alter 30 J. starb an einem Verkehrsunfall
 D männlich, Alter 39 J. starb an Angina pectoris
 E weiblich, Alter 23 J. das Gewebe wurde aus dem lebenden Organismus entfernt
 F weiblich, Alter 60 J. (siehe E)

Betrachtet man die ermittelten Werte kritisch, so sieht man, daß in der Lunge der Fluorgehalt bei den einzelnen Untersuchungen größeren Schwankungen unterliegt. MATUURA macht dies von der gesundheitlichen Kondition der einzelnen Individuen abhängig. KAIDA und TANAKA (1955) stellten fest, daß bei der Untersuchung einer verkalkten Lunge eines Tuberkulose-Patienten der Fluorgehalt höher war. In einigen Fällen kann Staub für einen erhöhten Fluorgehalt verantwortlich sein. Eine Erklärung für die auftretenden Schwankungen der Fluorkonzentration in der Niere, in den Verdauungsorganen und im Gehirn wird in der Arbeit nicht gemacht.

CALL und GREENWOOD (1958) untersuchten in ausgedehnten Serien Gehirn, Schilddrüse, Herz, Aorta, Lunge, Leber, Milz, Pankreas und Niere. 59 Autopsien lieferten Organe zur Bestimmung des normalen Fluorgehaltes, Tabelle 3 zeigt die gefundenen Werte bezogen auf fettfreie, trockene Substanz. Die Angaben sind in % gemacht und zeigen Schwankungsbreite und den Mittelwert.

Tabelle 3 : Normale Fluorkonzentration menschlicher, trockener, fettfreier Organe von 59 Autopsien (F in %, Schwankungswerte und Mittelwerte)

Alter	Gehirn	Schilddrüse	Herz	Aorta	Lunge	Leber	Milz	Pankreas	Niere
0 - 9	-	-	40 (40)	80 (80)	120 (120)	20 (20)	130 (130)	-	-
10 - 19	-	500 (500)	60 (60)	70 (70)	60 (60)	40 (40)	150 (150)	-	60 60
20 - 29	-	160-810 (488)	170-570 (395)	35-1510 (1095)	100-670 (422)	80-5600 (225)	90-550 (347)	110-410 230	160-720 (397)
30 - 39	-	500-1180 (840)	80-2130 (1105)	1090-2120 (1601)	60 60	90-2300 (1200)	140-1020 (580)	340 (340)	900-3800 (2350)
40 - 49	40-300 (200)	60-1200 (578)	50-340 (187)	210-2110 (792)	130-850 (347)	100-130 (77)	30-210 (120)	100 (100)	110-1000 (343)
50 - 59	40-270 (157)	18-1100 (401)	40-280 (144)	100-1560 (647)	110-420 (273)	30-770 (209)	50-400 (189)	100-290 (197)	70-660 291
60 - 69	20-300 (152)	50-1300 (460)	50-1200 (229)	300-1700 (676)	80-70 (442)	40-400 (143)	50-510 (184)	20-40 (152)	60-800 (302)
70 - 79	70-300 (317)	200-3000 (847)	50-400 (161)	60-12550 (5030)	120-1706 (424)	40-860 (178)	50-500 (182)	90-820 (233)	110-950 (289)
80 - 89	90-1200 (398)	70-1500 (601)	80-130 (313)	1150-5700 (2480)	80-1100 (419)	10-310 (110)	40-860 (264)	350 (350)	150-880 (330)

Die Menschen, die CALL und GREENWOOD untersuchten nahmen wahrscheinlich annähernd die gleiche Menge Fluor zu sich. Der Fluorgehalt im Trinkwasser betrug weniger als 0,5 ppm. Die Tabelle 3 gibt keinen Hinweis, daß es mit zunehmendem Alter zu einem Anstieg des Fluorgehaltes in den Organen kommt.

Die Durchschnittskonzentration der Aorta beträgt 1850 γ %. Dieser Wert liegt deutlich über den Werten der übrigen Organe (Leber 200 γ %, Schilddrüse 59 γ %). Ähnliche Anhäufungen in der Aorta wurden von SMITH (1960) festgestellt. WALDBOTT (1966) stellte zwar auch eine direkte Korrelation des Aortenfluors mit dem Lebensalter fest, wies jedoch nach, daß die Schwankungen unabhängig vom Calciumgehalt des Aortengewebes war. ERICSSON und ULLBERG (1958) dagegen vertreten wie viele andere Autoren die Ansicht, daß die zunehmende Verkalkung des Aortengewebes im Alter der Grund für den hohen Fluorgehalt ist.

SMITH und GARDNER (1960) analysierten 122 Organproben von 23 Autopsien. Untersucht wurden Herz, Leber, Lunge, Niere, Milz und Aorta in Zusammenhang mit der Fluorkonzentration im Trinkwasser. Die Fluorkonzentration im Trinkwasser reichte von 0 bis 4 ppm. Eine Speicherung von Fluor in den Organen konnte auch hier nicht nachgewiesen werden. Bis auf die Aorta liegen die Durchschnittswerte der untersuchten Organe dicht beieinander. Tabelle 4 zeigt die Fluorkonzentration in Weichgeweben in Abhängigkeit zur Fluorkonzentration im Trinkwasser.

Tabelle 4: Die Konzentration von F in menschlichen Weichgeweben in Beziehung zum F im Trinkwasser (F in ‰ bezogen auf

Alter Jahre	Geschl.	F im	Fluoride in Trockengeweben (‰)					
		Wasser ppm	Herz	Leber	Lunge	Niere	Milz	Aorta
65	m.	0	212	248	179	250	183	10610
62	m.	0	244	326	421	259	323	2030
50	m.	0	249	279	-	279	363	439
47	w.	0	139	145	-	290	424	418
32	m.	0	247	168	406	283	284	264
40	w.	0,5	122	92	-	135	217	1000
32	m.	0,5	429	-	-	419	731	265
85	m.	1,0	200	349	1050	397	719	4798
83	w.	1,0	253	253	268	495	1670	2068
			Herz- Aorta					
82	m.	1,0	2330	105	920	404	190	16630
64	w.	1,0	195	379	343	378	302	6270
83	w.	2,6	233	284	617	812	422	4035
62	w.	2,6	242	222	1240	550	566	3360
54	w.	2,6	119	148	527	541	391	3030
53	w.	2,6	186	151	404	274	263	529
47	w.	2,6	318	124	-	902	277	4063
50	m.	3,7	360	292	407	737	451	604
49	m.	3,7	231	198	-	-	-	473
36	m.	3,7	171	206	-	339	-	-
36	m.	3,7	184	101	331	228	134	309
71	m.	4,0	681	196	1117	1680	-	4601
53	m.	4,0	265	259	470	763	-	5940
26	m.	4,0	346	541	446	256	-	612

CALL und GREENWOOD (1965) führten bei 127 Autopsien genaue Fluoruntersuchungen durch. Die Autoren wendeten die Destillationsmethode an. Der Untersuchung lag die Frage zu Grunde, ob bei einer bestimmten Menschengruppe, die in einer Industriegegend wohnt, wo die Luft durch die Abgase eine hohe Fluorkonzentration aufweist, sich der normale Fluorgehalt der menschlichen Gewebe signifikant ändert.

Neben einer genauen Fluorbestimmung wurden die 1220 Proben einer exakten histologischen Untersuchung unterzogen. In Tabelle 5 ist der Fluorgehalt der Weichgewebe zusammengestellt. Es wird dabei Gewebe, das einer erhöhten Fluorkonzentration ausgesetzt war, mit Gewebe normaler Verhältnisse verglichen. Die Angaben erfolgen in $\mu\%$, bezogen auf Feuchtgewicht.

Tabelle 5: Fluorgehalt (in $\mu\%$) von Weichgeweben bei erhöhter Fluoreinwirkung und bei normalen Verhältnissen.

Gewebe	erhöhte Fluoreinwirkung 1)			normale Fluoreinwirkung 2)		
	Max.	Min.	Mittelwert	Max.	Min.	Mittelwert
Gehirn	610	20	180	360	40	150
Schilddrüse	2350	30	520	810	10	400
Herz	810	40	250	700	20	190
Aorta	25800	60	2900	18500	80	2820
Lunge	1700	60	390	800	100	350
Leber	770	20	160	370	20	140
Milz	860	20	170	500	30	180
Pankreas	820	30	180	450	40	170
Niere	1000	20	290	560	60	230

Anmerkung zur Tabelle 5

- 1.) Im Mittel waren die Patienten 61,8 Jahre. Sie lebten mindestens 10 Jahre (Mittelwert: 40,1 J.) in Utah, Salt Lake oder in Weber County im Staate Utah.
- 2.) Die Patienten waren als sie starben weniger als 15 Jahre alt oder sie hatten weniger als 10 Jahre in Utah, Salt Lake oder in Weber County gewohnt. (Der Altersdurchschnitt betrug 43,5 Jahre, und der Aufenthalts- Mittelwert betrug 2,32 Jahre).

Aus Tabelle 5 wird ersichtlich, daß bei erhöhter Fluorzufuhr, insbesondere wohl durch das Einatmen von stark fluorhaltigen Industrieabgasen, es zu keiner Anhäufung von Fluor in den Weichgeweben kommt. Der Fluorgehalt der Aorta ist auch bei dieser Untersuchung signifikant erhöht. Die Autoren sehen die Ursache in einer mit dem Alter zunehmenden Verkalkung der Aorta. Eine eingehende Untersuchung die von WALDBOTT (1966) durchgeführt wurde, konnte die bislang auch von SMITH (1966) vertretene Ansicht eines Zusammenhangs mit der Aortenverkalkung nicht bestätigen.

Fluorgehalt in der Aorta

WALDBOTT (1966) untersuchte in 16 Fällen Aortengewebe von Autopsien wobei er die Fluor- und Calciumbestimmung sowohl in stark verkalktem Gewebe als auch in weniger stark verkalktem Gewebe der Nachbarschaft vernahm. Die Fluortrennung wurde nach der Destillationsmethode durchgeführt und die Fluorbestimmung mittels Titration vorgenommen. In 7 hinzukommenden Fällen wurde nur der Fluor-Spiegel in stark verkalktem Gewebe und weniger stark verkalktem Gewebe festgestellt.

Aus der Tabelle 6 kann man keine Korrelation zwischen dem Fluorgehalt der Aorta und dem Calciumspiegel feststellen. Der Fluorgehalt zeigt große individuelle Schwankungen, die unabhängig vom Calciumgehalt sind. Die eindeutige Zunahme des Fluors mit steigendem Alter ist klar zu erkennen. Die Tabelle ist in abgeänderter Form der Arbeit von WALDBOTT (1966) entnommen.

Tabelle 6: Fluorgehalt in der Aorta an Stellen mit starker und weniger starker Calciumablagerung (F in ppm)

Fall	Todesursache	Fluorgehalt in ppm		Calciumgehalt (mg/g)	
		wenig verkalkt	verkalkt	wenig verk.	verk.
1	Coronarthrombose	2,0	4,8	5,1	8,4
2	Magen-Ca.	20,3	59,0	13,3	161,0
3	Oesophagus-Ca.	14,3	165,1	2,8	3,9
4	Nieren-Ca.	17,6	49,5	1,1	5,4
5	Gallenblasen-Ca.	6,0	19,6	2,9	7,4
6	Lungen-Ca.	6,7	16,7	4,8	5,7
7	Coronarverschl.	5,5	36,2	8,3	17,2
8	Gehirntumor	4,1	14,6	2,6	2,8
9	Brusttumor	7,4	27,9	3,5	57,8
10	Gehirninfarkt	4,5	11,2	2,3	6,1
11	Cervix-Ca.	0,0	5,8	8,8	22,4
12	rheumatische Herzerkrankung	0,0	4,6	4,1	11,0
13	Coronarverschl.	0,0	0,0	6,6	14,2
14	Coronarverschl.	3,2	6,3	2,9	11,9
15	Coronarverschl.	0,0	4,1	1,6	2,3
16	Arteriosklerose	9,4	59,3	8,6	20,0
17	Gehirnblutung		158,0		
18	Emphysem		71,5		
19	Bronchialasthma		6,8		
20	Lungenödem	0,2			
21	Leukämie		87,8		
22	angeborener Herzfehler	7,7	77,9		
23	akutes Nierenversagen	5,6	8,9		

2. Normaler Fluorgehalt im menschlichen Blut

Da Fluor durch den Urin aus dem Organismus ausgeschieden wird (MACHLE 1942), folgt daraus, daß Fluor auf dem Blutweg zu den Nieren transportiert werden muß.

Der Fluorgehalt im Blut wurde von verschiedenen Autoren untersucht. SCHMIDT (1952) stellte die von den Autoren ermittelten Werte in Tabelle 7 zusammen. Die Angaben der Fluorkonzentration erfolgen nicht einheitlich. Die Nachweismethoden der einzelnen Autoren sind nicht angegeben.

Tabelle 7: Normaler Fluorgehalt im Blut des Menschen. Zusammenstellung der in der Literatur angegebenen Werte.

Autor	Zeit	Fluorgehalt im Blut
GAUTIER	1913	0,46 mg%
STUBER/LANG	1929	0-850 μ %
MAY/KRAFT	1937	100 - 120 μ % 0,10 - 0,12 mg%
WULLE	1939	0,08 - 0,09 mg%
HARTMANN	1940	27 - 778 μ %
v. FELLEBERG	1948	0,011 - 0,017 mg%
SCHMID	1948	11,1 μ % Mann 16,2 μ % Frau
STETTER	1948	0,064 mg%
SMITH	1950	0,014 mg%

SCHMIDT kommt auf Grund der Tabelle 7 zu einem Mittelwert der zwischen 94 μ % und 126 μ % liegt. Er vertritt die Ansicht, daß erst durch die Methode WILLARD und WINTER (1933) und ihre Verbesserungen die Möglichkeit geschaffen wurde, so geringe Fluorkonzentrationen zu messen.

Die von den Autoren veröffentlichten normalen Fluorwerte im Blut des Menschen zeigen deutliche Schwankungen, die nach HELD (1954) auf die Verschiedenheit der Methodik der Bestimmung zurückzuführen sind. HELD lehnt die Angaben nach GAUTIER, WULLE, MAY/KRAFT und STUBER/LANG ab.

Die genannten Autoren haben seiner Meinung nach zu hohe Werte ermittelt. So hat er durch Nachprüfung der Bestimmungsmethoden an Standardlösungen gefunden, daß die Abweichungen nach oben viel größer sind und sich durch Verfeinerung der Methodik und Reindarstellung der Reagentien diese hohen Werte ausschalten lassen. Eine Abweichung nach unten ist praktisch nicht der Fall.

Die Fluorwerte nach HELD liegen in der Größenordnung, wie sie v.FELLENBERG (1948), SCHMID (1948), SMITH (1950) und HARTMANN (1948) gefunden haben. Die von ihm gefundenen Werte liegen bei 17,2 $\mu\%$ und 38,9 $\mu\%$. Die Angaben beziehen sich auf relativ fluorarm ernährte Frauen, die eine normale Fluorkost und Trinkwasser mit 0,1 mg% Fluor zu sich nahmen.

Der Arbeit von SMITH (1960) ist in abgeänderter Form Tabelle 8 entnommen, die eine weitere Zusammenstellung der in der Literatur gefundenen Fluorwerte im menschlichen Blut darstellen soll. Neben den Angaben der Autoren finden sich entsprechende Bemerkungen über Herkunft der Blutproben und Fluorkonzentrationen im Trinkwasser.

Tabelle 8: Normale Fluorkonzentration im menschlichen Blut (F in ‰%)

F in ‰%	Bemerkung	Autor
255- 312	Erwachsene	AGATE (1949)
217- 348	Kinder	
277	Trinkwasser enthielt 0,07-0,18 ppm F	BOWLER (1947)
4- 36	Nicht-schwangere Frauen, 0,55 ppm im Trinkwasser	GEDALLIA (1961)
2- 21	Schwangere Frauen, 0,55 ppm F im Trinkwasser	
3- 25	Blut der Nabelschnur der o.g. schwangeren Frauen	
40- 68		GETTLER und ELLERBROOK (1939)
17- 39	Schwangere Frauen, das Blut der Nabelschnur enthielt 24-32 ‰%	HELD (1952)
03- 36	Normale Krankenhaus-kost 0,092-0,098 ppm im Trinkwasser	
13- 24	Schwangere Frauen	HELD (1954)
1000- 1800	--	MATUURA (1954)
136	Trinkwasser enthielt 1 ppm	YUDKIN (1954)

SINGER und ARMSTRONG (1960) untersuchten den Fluorgehalt im Plasma in Abhängigkeit vom Fluorgehalt im Trinkwasser. Die gefundenen Werte liegen zwischen 14 - 19 ‰%, bei Personen, die Trinkwasser mit einer Fluorkonzentration von 0,15-2,5 ppm zu sich nahmen. Untersucht wurden Frauen und Männer zwischen 20 und 64 Jahren, die in verschiedenen amerikanischen Städten wohnten. Tabelle 9 gibt eine Übersicht über den Fluorgehalt im Plasma in Abhängigkeit vom Fluorgehalt im Trinkwasser.

Tabelle 9: Fluorgehalt im Plasma in Abhängigkeit vom Fluorgehalt im Trinkwasser (F in %))

Wohnort	Anzahl der Proben	Fluorgehalt	
		Plasma %	Trinkwasser (ppm)
Rochester, Minn.	16	14,0	0,15
Minneapolis-St. Paul Minn.	18	15,0	1,1
Grand Rapids, Mich.	36	19,0	1,1
Gettysburg, S.D.	16	16,0	2,5
Lake Preston, S.D.	22	26,0	5,4

Die Resultate aus Tabelle 9 zeigen, daß bei einem Fluorgehalt im Trinkwasser von 0,15 ppm (Rochester, Minn.) bis 2,5 ppm (Gettysburg) der Fluorgehalt im Plasma konstant ist. Bei einem Fluorgehalt von 5,4 ppm im Trinkwasser in Lake Preston, kommt es zu einem leichten, aber signifikanten Anstieg der Fluorkonzentration im Plasma, da der Mechanismus der Homeostase nicht mehr perfekt arbeiten kann (SINGER, ARMSTRONG).

In der gleichen Arbeit ist der Fluorgehalt im Plasma bei Patienten des Minneapolis - St. Paul Krankenhauses bestimmt worden. Es wurden 30 Patienten mit verschiedenen Krankheiten untersucht. Tabelle 10 gibt Aufschluß über die verschiedenen Krankheitsbilder und den Mittelwert der Plasma-Fluorkonzentration.

Tabelle 10: Fluorgehalt im Plasma bei 30
Patienten mit verschiedenen Krank-
heitsbildern des Minneapolis
St. Paul Krankenhauses (F in %)

Anzahl der Patienten	30
Carcinom	6 Fälle
Herzerkrankungen	4 Fälle
Infektionen	4 Fälle
Nierenerkrankungen	5 Fälle
Stoffwechselerkrankungen	6 Fälle
Verschiedenes	5 Fälle
mittlerer Fluorgehalt	$16 \pm 0,95 \%$

Aus der Tabelle 10 geht hervor, daß der Plasma Fluorgehalt dieser Patienten sich nicht von dem normaler Bewohner dieser Städte unterscheidet. Höhere Werte als normal wurden nur bei drei Fällen von demineralisierender Knochenerkrankung (Hyperparathyreose und multiples Myelom) gefunden. In diesem Fall der Hyperparathyreose konnte nach Entfernung eines Adenoms der Nebenschilddrüse eine Senkung des Fluorspiegels im Plasma um 50% festgestellt werden.

SMITH, GARDNER, HODGE (1950) bestimmten mit der Destillationsmethode die Fluorkonzentration im Blut. Es wurden zwei Personengruppen untersucht. Die eine Gruppe lebte in Rochester, das Trinkwasser hatte dort eine Fluorkonzentration von 0,06 ppm, die andere Gruppe war aus Newburgh, N.Y., wo das Trinkwasser 1,0 - 1,2 ppm Fluor enthielt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 11 zusammengestellt. Die angegebenen Werte sind Mittelwerte.

Tabelle 11: Fluorkonzentration im Blut von
Personengruppen aus Rochester und
Newburgh, N.Y.

	Rochester	Newburgh
Trinkwasser	0,06 ppm	1,36 ppm
Blut	1,4 %	4,0 %

Die Autoren kommen auf Grund ihrer Untersuchung zu dem Ergebnis, daß sich bei einer Zunahme der Fluorkonzentration im Trinkwasser eine deutliche Steigerung des Blut-Fluorgehaltes zeigt. Sie schließen jedoch aus, daß eine Erhöhung des Fluorgehaltes im Trinkwasser eine gefährliche Zunahme des Fluorgehaltes im Blut zur Folge hat.

Beobachtungen nach PFENNINGER (1953) weisen darauf hin, daß bei einer Blutfluorkonzentration von über 40 % die Phosphatasen in ihrer Wirkung gehemmt werden. Bei 100-200 % werden sie blockiert.

Betrachtet man unter diesem Aspekt den Belastungsversuch von HELD (1954), so ist eine erhöhte Fluorzufuhr nicht ganz ungefährlich. Dies gilt insbesondere bei Tablettenzufuhr aus kariesprophylaktischen Gründen. HELD gab seinen Versuchspersonen pro Tag 5 mg Fluor, das in Tee gelöst, eingenommen wurde. Nach 2 Tagen zusätzlicher Fluerverabreichung stieg das Blutfluor um 14,5% (von 31,9 auf 36,5 %), nach 5 Tagen um 55,6% (von 28,4 auf 44,2 %). Wenn am sechsten Tag weiterhin regelmäßig fluorierte Tee bis zur Blutentnahme eingenommen wurde, dann erhöhte sich das Blutfluor um 92,9% (von 32,6 auf 62,9 %).

Die gefundenen Werte liegen somit in der Gefahrenzone. Dies bedeutet, daß bei einer wochenlangen Belastung mit nur 1,5 mg Fluor pro Tag zusätzlich des Fluorgehaltes in der Normalkost, die kritische Grenze von 40 ‰ leicht überschritten werden kann.

HELD (1952) ermittelte Blutfluorwerte von Mutter- und Fötalblut. Mutterblut und Nabelschnurblut von 16 Frauen wurde untersucht. Die Methodik wird vom Autor nicht angegeben. Die Werte sind in Tabelle 12 aufgeführt.

Tabelle 12: Fluorgehalt im Mutter- und Fötalblut (F in ‰)

Fall Nr.	Mutterblut Fluorgehalt	Fötalblut Fluorgehalt
1	25,6	26,8
2	24,6	24,0
3	22,4	21,6
4	20,9	21,2
5	21,4	23,9
6	20,6	24,8
7	27,5	24,0
8	22,5	27,2
9	22,5	24,3
10	25,8	25,4
11	29,4	22,0
12	24,5	19,9
13	25,9	20,1
14	23,8	22,8
15	25,1	28,8
16	26,5	23,4

BARNES (1968) ermittelte mit der elektrometrischen Methode bei 12 Freiwilligen, die in einem Gebiet wohnten, wo der Fluorgehalt des Trinkwassers 0,1 ppm betrug, einen Mittelwert der Plasma-Fluorkonzentration von $0,023 \pm 0,005$. BARNES liegt mit diesem Wert um eine Zehnerpotenz unter dem von SINGER und ARMSTRONG (1968) gefundenen Werte. Ähnliche Werte konnte auch TAVES (1966) ermitteln.

3. Fluorgehalt im Blut bei bestimmten Krankheitsbildern

SINGER, ARMSTRONG, LAVENDER (1967) untersuchten bei 29 Patienten des Universitäts-Krankenhauses in Minnesota den Fluorgehalt des Plasmas und der Cerebrospinalflüssigkeit. Zur Fluorbestimmung wurde die Diffusionsmethode angewandt. Die Autoren fanden einen Mittelwert des Plasma-Fluors von $23 \pm 1,3 \%$, wogegen die Cerebrospinalflüssigkeit einen Mittelwert von $10 \pm 0,8 \%$ ergab. Nur bei zwei der 29 Patienten war der Fluorgehalt der Cerebrospinalflüssigkeit gleich dem Fluorgehalt des Plasmas. In keinem Fall wurde ein höherer Fluorgehalt der Cerebrospinalflüssigkeit im Vergleich zum entsprechenden Fluorgehalt im Plasma festgestellt. Tabelle 13 zeigt die Zusammenstellung der Fluorkonzentration in der Cerebrospinalflüssigkeit und dem Plasma.

Tabelle 13: Fluorkonzentration im Plasma und in der Cerebrospinalflüssigkeit (F in $\%$)

Diagnose	Anzahl der Patienten	Fluorkonzentration Plasma	Cerebrospinalflüssigkeit
Nervensystem- erkrankung	10	25	9
Bandscheiben- erkrankung	10	18	10
vermutliche Bandscheibener- krankung	1	14	9
	1	33	9
	1	17	7
gutartige Prostatatyper- trophie	1	33	19
	1	25	13
Carcinom des m. Urogenitalsyst.	1	26	19
	1	31	5
somatische Reaktion	1	32	5
	1	21	4

Der Mittelwert der Fluorkonzentration im Plasma und in der Cerebrospinalflüssigkeit bei den 10 Patienten mit Bandscheibenerkrankungen war nicht signifikant verschieden und stimmte mit Untersuchungen bei gesunden Personen aus diesem Gebiet überein. Die anderen Patienten jedoch, die in dieser Tabelle aufgeführt sind, zeigten leicht erhöhte Plasma-Fluorwerte, obwohl die Fluorkonzentration in der Cerebrospinalflüssigkeit konstant blieb. Die Plasma-Fluorkonzentration bei Patienten mit Nervensystemerkrankungen ist signifikant höher als bei Patienten mit Bandscheibenerkrankungen, jedoch physiologisch von untergeordneter Bedeutung.

ARMSTRONG und Mitarbeiter (1964) fanden bei Osteoporose-Patienten, die täglich eine große Menge an Fluor verordnet bekamen (es wurden 50 - 100 mg Fluor verabreicht), die höchste Plasma-Fluorkonzentration von 180 μ % nach einer 14-tägigen Behandlung. Die Plasma-Fluorkonzentration des gleichen Patienten betrug nach 33 Wochen kontinuierlicher Behandlung 45 μ %. Dieses Ergebnis stimmt mit der Feststellung von BÜTTNER (1968) überein. Nach seinen Untersuchungen ist es unmöglich, durch relativ massive Fluordosen den Fluorspiegel im Plasma langfristig anzuheben. Die Ursache liegt darin, daß das Fluor, ähnlich wie Chlor, nach der Aufnahme schnell innerhalb des extrazellulären Körperwassers verteilt wird. Es wird teilweise im Skelett abgelagert und teilweise durch die Niere wieder ausgeschieden.

4. Normaler Fluorgehalt im Urin

BÜTTNER (1968) schreibt in seiner Arbeit, daß die Ausscheidung von Fluor beinahe ausschließlich im Urin erfolgt. Je höher die Fluorzufuhr, desto größer ist die ausgeschiedene Fluormenge. Enthält das Trinkwasser einen Fluorgehalt von 100 μ g/l, so beträgt auch die Fluorkonzentration im Harn etwa 100 μ g/l. Die Kapazität des Skeletts für die Fluorfixation sowie die Nieren-clearance sind so groß, daß auch relativ hohe Fluordosen weder eine Fluorakkumulation in Organen noch eine Beeinträchtigung der Homöostase auslösen.

WALDBOTT (1959) fand, daß die Mengen Fluor, die mit den Fäeces, durch die Haut und durch den Speichel ausgeschieden werden, sehr geringfügig sind. Der Hauptanteil, nämlich 90%, nach McCLURE (1944) 85% wird im Urin ausgeschieden. Die Urinausscheidung läuft parallel der Fluoridmenge, die dem Organismus zugeführt wird. Nach den Untersuchungen von WALDBOTT (1962) ist jedoch die Ausscheidung innerhalb 24 Stunden sehr verschieden.

Nach der Einnahme einer Testdosis von 6,8 mg Fluor konnte in einem Fall eine Ausscheidung von 3,6 % in einem anderen Fall eine Ausscheidung von 69,5% der vorher verabreichten

Fluordosis festgestellt werden. Im Durchschnitt konnte man 25,6% der Testdosis innerhalb von 24 Stunden feststellen. Die Untersuchung wurde bei 20 Personen durchgeführt, die alle gesund waren.

McCLURE (1944) beschäftigte sich eingehend mit der Frage der Fluorausscheidung im Harn. Bei 1900 Männern und Jungen, die unterschiedlichen Fluorkonzentrationen im Trinkwasser ausgesetzt waren, wurde die täglich ausgeschiedene Fluormenge im Harn bestimmt. Die Fluorkonzentration wurde mit der Destillationsmethode bestimmt.

Bei Personen, die Trinkwasser ohne Fluor zu sich nahmen, betrug die Durchschnittsfluormenge im Urin 0,3 - 0,5 ppm. Mit der Zunahme des Fluorgehaltes im Trinkwasser stieg die Fluorausscheidung im Harn proportional an.

GEDALIA (1958) kommt in seiner Arbeit zu dem Ergebnis, daß der Fluorgehalt im Urin parallel mit dem Fluorgehalt im Trinkwasser läuft. Bei Personen, die Trinkwasser ohne Fluor zu sich nahmen, fand er im Harn eine Fluorkonzentration von 30,0 - 50,0 μ %. McCLURE und KINSER (1944) ermittelten bei einer Fluoridierung des Trinkwassers bis zu 100 μ % einen Anstieg des Fluorgehaltes im Urin auf 11 μ % nach 1 bis 6 Wochen. Bei 5 bis 14-jährigen Schulkindern blieb die Fluorkonzentration im Harn bei 50 μ %. Aus der Untersuchung geht hervor, daß der in der Entwicklung stehende Organismus mehr Fluor zurückhält als der in der Entwicklung abgeschlossene Organismus.

Die Untersuchung wurde bei 59 Kindern (1 bis 6 Jahre) und bei 34 Erwachsenen (20 bis 55 Jahre) durchgeführt. Sie alle lebten in Jerusalem, wo das Trinkwasser einen Fluorgehalt von 50,0 bis 60,0 $\mu\%$ aufwies. Der Untersuchung lag die Destillationsmethode mit anschließender photocolorimetrischer Fluorbestimmung zu Grunde.

Tabelle 14 zeigt die Fluorkonzentration im Harn bei Jugendlichen und Erwachsenen. Die Angaben sind die Mittelwerte, Maximal- und Minimalwerte, von Proben bestimmter Altersgruppen.

Tabelle 14: Fluorkonzentration im Harn von Jugendlichen und Erwachsenen bei einem Trinkwasser-Fluorgehalt von 50 bis 60 $\mu\%$ (F in $\mu\%$)

Alter in Jahren	Anzahl der Proben	Mittelwert in $\mu\%$	Maximalwert in $\mu\%$	Minimalwert in $\mu\%$
1	13	12,0	20,0	5,0
2	17	14,0	30,0	5,0
3	19	15,0	20,0	5,0
4	14	26,0	60,0	8,0
5	14	26,0	70,0	10,0
6	20	30,0	62,0	5,0
20-55	36	52,0	85,0	30,0

Der Mittelwert der Fluorkonzentration im Harn betrug bei Gesamtgruppe der Kinder 20,0 $\mu\%$. Dieser Wert ist signifikant niedriger als der Mittelwert bei den Erwachsenen. Dort betrug er 52,0 $\mu\%$. Dieser Wert entspricht dem Fluorgehalt im Trinkwasser von 50 bis 60 $\mu\%$. Diese Tatsache zeigt deutlich, daß der wachsende Organismus Fluor speichert.

In einigen Fällen war die Fluorausscheidung im Urin bei Kindern genau so groß wie bei Erwachsenen. Eine Erklärung hierfür gibt der Autor nicht an.

GIUBILEO und CAMERA (1960) führen den Fluorgehalt im Urin auf den Fluorgehalt der geologischen Wässer und Nahrungsmittel zurück. Sie ermittelten bei 30 gesunden Personen einen Fluorgehalt im Urin von 68,5 bis 177,3 %.

ZIPKIN, LIKINS, McCLURE und STEERE (1956) untersuchten den Zusammenhang zwischen Trinkwasserfluoridierung und Fluorkonzentration im Harn. Die Untersuchung wurde in Montgomery durchgeführt, wo im Dezember 1951 die Trinkwasserfluoridierung durchgeführt worden ist. Vor der Trinkwasserfluoridierung betrug die Fluorkonzentration im Trinkwasser 20 - 30 %. Eine Woche nach der Fluoridierung mit 1 ppm Fluor, in Form von $\text{Na}_2 \text{SiF}_6$, betrug der Fluorgehalt im Urin von Erwachsenen 70 bis 80 %. Nach sechs Wochen betrug der Wert 100 %. Die Fluorkonzentration im Urin von Kindern betrug ungefähr die Hälfte. Er war bei allen Altersgruppen zwischen 5 und 14 Jahren gleich. Die Fluorkonzentration von 100 % wurde bei Kindern nach einem Jahr erreicht.

Tabelle 15 gibt eine Übersicht über die Fluorkonzentration im Urin bei einer Altersgruppe von 5 bis 14 und einer Altersgruppe von 30 bis 39 Jahren in bestimmten Zeitabschnitten nach der Trinkwasserfluoridierung in Montgomery.

Die angeführten Werte sind Mittelwerte.

Tabelle 15: Fluorkonzentration im Urin bei 2 Altersgruppen in bestimmten Zeitabschnitten nach der Trinkwasserfluoridierung (F in ‰)

Zeit n.d. Trinkwasserfluoridierung	Fluorkonz. i.Trinkwasser	Fluorkonz. Altersgruppe	
		5-14	30-39
1 Wch.	70	30	30
2 Wch.	80	50	90
4 Wch.	100	50	90
6 Wch.	90	50	100
10 Wch.	100	60	100
20 Wch.	100	60	90
1 J./17 Wch.	100	80	120
1 J./49 Wch.	100	110	110
2 J./48 Wch.	120	100	110
3 J./24 Wch.	90	90	100

GEDALIA J. und Mitarbeiter (1959) untersuchten 751 Urin-Proben von 196 Frauen vor der Geburt und nach der Geburt. Alle Frauen nahmen das gleiche Trinkwasser zu sich.

Die Fluorkonzentration im Trinkwasser lag unter 100 ‰. Die Untersuchungsmethode wird in der Arbeit nicht angegeben. Als Ergebnis wurde festgestellt, daß bei schwangeren Frauen vom 5. Monat an die Fluorkonzentration im Harn ständig abnimmt. Während im 4. Monat der Fluorspiegel noch bei 53 ‰ liegt, (dieser Wert entspricht dem normalen Fluorgehalt im Urin erwachsener Männer und Frauen) sank der Fluorwert im Harn im 5. Monat auf 43 ‰ im Durchschnitt. In den folgenden Monaten konnte ein deutlicher Abfall der Fluorkonzentration beobachtet werden. Der niedrigste Wert lag bei 22 ‰ im 8. Monat. Im 9. Monat konnte ein leichter Anstieg verzeichnet werden. Der gefundene Mittelwert lag bei 29 ‰. Zwei Monate nach der Geburt stieg der Wert auf 49 ‰.

Interessant ist die Tatsache, daß mit dem Abfall der Fluorkonzentration im Harn die Mineralisation der bleibenden Zähne im Fötus beginnt. Der Wiederanstieg im 9. Monat deutet darauf hin, daß die Speicherung von Fluor im Fötus die notwendige Konzentration erreicht hat. Die Tabelle 16 gibt eine Übersicht über die Fluorkonzentration im Urin bei schwangeren Frauen in Abhängigkeit vom Schwangerschaftsmonat.

Tabelle 16: Fluorkonzentration im Harn bei schwangeren Frauen in Abhängigkeit vom Schwangerschaftsmonat (F in %). Die Angaben sind Mittelwerte.

Gruppe	Schwangerschaftsmonat	Mittelwert d. F-Konz. im Harn (%)	Zahl der Fälle
A	4	53,0	117
	5	43,0	80
	6	34,0	91
	7	28,0	89
	8	22,0	81
	9	29,0	88
	Monate nach d. Schwangerschaft		
	1	39,0	55
	2 + 3	49,0	64
B	4	50,0	45
C	8	23,0	32

Anmerkung zur Tabelle 16

Die Frauen der Gruppe A wurden vom 4. Monat bis 3 Monate nach der Schwangerschaft ständig kontrolliert. Die Gruppen B und C waren Frauen,

die im 4. bzw. 8. Monat untersucht wurden. Die Mittelwerte dieser beiden Gruppen stimmen mit den Werten des betreffenden Monats aus der Gruppe A überein. Die Anzahl der Frauen in Gruppe A schwankte von Monat zu Monat, da nicht alle regelmäßig zu den Untersuchungen erschienen.

5. Normaler Fluorgehalt in der Muttermilch

HELD (1952) fand in der Frauenmilch einen Durchschnittsgehalt an Fluor von 8,0 bis 14,7 $\mu\%$. Die Mütter, die er untersuchte nahmen eine normale Krankenhauskost zu sich, das Trinkwasser enthielt 0.09 bis 0.10 ppm Fluor. Bei der Zugabe von 5 mg Fluor/die im Tee, auf einen Zeitraum von 2 Tagen beschränkt, erhöhte sich die Fluorkonzentration in der Muttermilch, sowie im Blut um ungefähr 15%.

BERCOVICI und Mitarbeiter (1960) konnten wie HELD (1952) einen verhältnismäßig konstanten Fluorspiegel in der Muttermilch feststellen. Ihre Untersuchungen wurden bei 62 gesunden Frauen durchgeführt, die in Jerusalem wohnten, wo die Fluorkonzentration des Trinkwassers 0,55 ppm betrug. 44 Proben wurden 4 bis 5 Tage nach der Niederkunft, 31 Proben wurden 4 - 36 Wochen nach der Niederkunft gewonnen. Die Proben, von denen jede 20 bis 25 ml Frauenmilch umfaßte, wurden mit der Destillationsmethode analysiert. Die Fluormengen wurden colorimetrisch bestimmt. Die ermittelten Werte liegen in der Größenordnung von 0,0 bis 35 $\mu\%$ bei den Proben, die kurz nach der Niederkunft gewonnen wurden und 0,0 bis 24 $\mu\%$ bei den Proben, die zu einem wesentlich späteren Zeitpunkt untersucht wurden.

SMITH (1963) konnte ebenfalls einen konstanten Fluorspiegel in der Frauenmilch nachweisen. Er ermittelte bei einem Fluorgehalt im Trinkwasser von 0,06 ppm einen Durchschnittsfluorgehalt in der Muttermilch von 0,3 - 12,0 %.

In Tabelle 17 sind die Fluorkonzentrationen in der Muttermilch, wie sie von einzelnen Autoren festgestellt wurden, zusammengestellt.

Tabelle 17: Fluorgehalt in der Muttermilch
(F in %)

Fluorkonz. in der Muttermilch	Bemerkung	Autor
0,0 - 35,0 Durchschnitt 13,1	4-5 Tg.n.d.Geburt, 0,55 ppm im Trinkwasser	BERCOVICI (1960)
0 - 24,0 Durchschnitt 17,0	4-32 Wch.n.d.Geburt, 0,55 ppm im Trinkwasser	
8 - 14,7	mütterliches Blut enthielt 23,0 - 36,0 %	HELD (1952)
11,5 - 16,8	Mütter bekamen 5 mgF/die 2-6 Tg. lang	
10,0 - 18,0	Trinkwasser enthielt 0,055 ppm	ZIEGLER (1960)
13,0 - 25,0	Kontrollpersonen	LINDBERG (1956)
45,0 - 60,0	Personen, die i.d. Nähe einer Superphosphatfabrik lebten	
100,5-188,0	Arbeiter in der Superphosphatfabrik	WALDO und ZIPF (1952)
0,3 - 12,0	3-8 Tg. n.d. Geburt 0,06 ppm im Trinkwasser	SMITH (1963)

6. Normaler Fluorgehalt im menschlichen Knochen

Der einzige Ort im menschlichen Organismus, wo sich Fluor ablagern kann, sind Knochen und Zähne (TRUSWELL 1966). Im Knochen ist der Hydroxylapatit $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ als Kristall vorhanden. Die Kristalle sind mit einem Wassermantel umgeben (hydration layer), der mit der extrazellulären Flüssigkeit gleichzusetzen ist. Das Fluorion kann an Stelle des Hydroxylions im Hydroxylapatitkristall ausgetauscht werden.

Über die Fluoranreicherung der Knochen wurden eingehende Untersuchungen angestellt.

STEINBERG und Mitarbeiter (1958) haben folgende Tabelle über den normalen Fluorgehalt im menschlichen Skelett nach Literaturangaben zusammengestellt.

Tabelle 18: Normaler Fluorgehalt im menschlichen Skelett (F in ppm)

Knochen	Anzahl der Proben	Altersverteilung in Jahren	Fluor i. d. Asche	Autor
Rippe	11	33-80	480-2100	ROHOLM (1937)
Rippe	14	Totgeborenes 68	682-8810	GLOCK (1941)
Oberschenkel	3	-	498- 626	GETTLER+ELLERBROOK (1939)
Oberschenkel	8	Fötus	31- 82	MARTIN (1948)
Unter-u. Oberkiefer	8	Fötus	26- 77	MARTIN (1948)
Hüftbein	9	32-84	466-1434	MARTIN (1948)
Schienbein	1	-	1090	KILBORN (1950)
Wirbel	1	-	1180	KILBORN (1950)

Über die Untersuchungsmethoden der einzelnen Autoren werden keine Angaben gemacht. Aufgrund der großen Schwankungsbreite der angegebenen Werte ist zu erwarten, daß die Proben von Personen stammen, die unterschiedlich starken Fluorkonzentrationen ausgesetzt waren und die Untersuchungsmethoden der einzelnen Autoren zu unterschiedlichen Ergebnissen führten.

Der gleichen Arbeit ist eine Gegenüberstellung männlicher und weiblicher Knochen in Bezug auf ihren Fluorgehalt entnommen. Analysiert wurden Rippen und Wirbel die von 85 männlichen und 73 weiblichen Personen bei Autopsien gewonnen wurden. Diese Personen waren keiner ungewöhnlich großen Fluormenge ausgesetzt. Das Trinkwasser, das sie zeitlebens zu sich nahmen, hatte einen Fluorgehalt von weniger als 0,1 ppm. Die Fluorkonzentration in beiden Knochenserien zeigte bei beiden Geschlechtern einen linearen Anstieg mit dem Alter. Innerhalb der Geschlechter war kein Unterschied in der Fluorkonzentration im Knochen festzustellen.

Tabelle 19 zeigt die Fluorkonzentration verschiedener Wirbel von Personen bestimmter Altersgruppen.

Tabelle 19: Fluorkonzentration veraschter Wirbel von Personen verschiedener Altersgruppen (F in ppm)

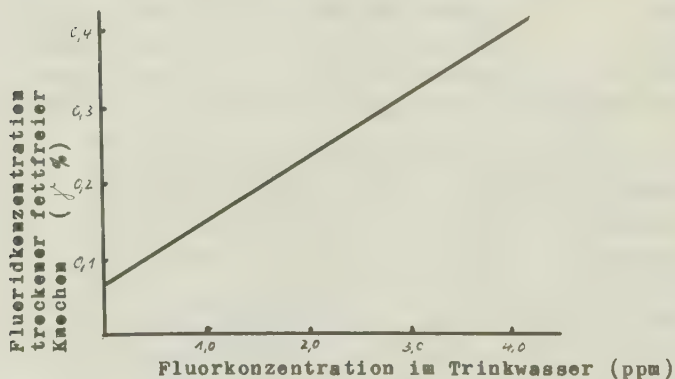
Alter/Jahre	Fluorkonzentration	
	Männer	Frauen
10	241 - 523	217 - 454
20	313 - 736	276 - 627
30	383 - 950	334 - 800
40	453 - 1167	391 - 973
50	524 - 1374	448 - 1147
60	596 - 1587	506 - 1321
70	666 - 1798	564 - 1493
80	736 - 2011	622 - 1666
90	807 - 2223	679 - 1839

ZIPKIN und Mitarbeiter (1958) untersuchten Knochen und Knorpel von 69 Autopsien im Alter von 26 bis 90 Jahren. Das Trinkwasser, das die Personen für mindestens 10 Jahre zu sich nahmen, hatte eine Fluorkonzentration von 0,1 - 4 ppm. Die meisten Personen, deren Knochen untersucht wurden, starben plötzlich. Die Hauptursache waren Unfalltod, Herzinfarkt und cerebrovasculäre Erkrankungen. Die 40 Männer und 29 Frauen lieferten 190 Knochen und 64 Proben von Intervertebralknorpel. Ungefähr 80% der Untersuchungsproben wurden auch histologisch ausgewertet. Untersucht wurden Hüftbein, Lendenwirbel und die sechste Rippe. Die Fluoruntersuchungen wurden nach der Destillationsmethode mit anschließender Titration durchgeführt.

Bei gleichem Fluorgehalt im Trinkwasser enthielten die verschiedenen Knochen ähnliche Fluorkonzentrationen.

Die Konzentration des Fluors in den Knochen nahm linear mit dem Anstieg der Fluorkonzentration im Trinkwasser zu. Figur 1 zeigt den linearen Anstieg der Fluorkonzentration mit Abhängigkeit vom Fluorgehalt des Trinkwassers.

Figur 1: Abhängigkeit des Fluors in trockenen, fettfreien Knochen zum Fluorgehalt des Trinkwassers (nach ZIPKIN)



Eine Zusammenfassung der zahlreichen Tabellen aus der ausführlichen Arbeit von ZIPKIN (1958) findet sich in der Tabelle 20. Wiedergegeben werden die Mittelwerte der Fluorkonzentrationen von Hüftbein, Brustbein, Rippe und Wirbel, bezogen auf trockene, fettfreie Basis, sowie auf Aschenbasis.

Tabelle 2o: Mittelwerte der Fluorkonzentration in Knochen von Personen, deren Trinkwasser 0,1-4 ppm Fluor enthielt. Die Werte beziehen sich auf trockene, fettfreie Basis sowie Aschenbasis (F in ppm).

Konzentration des Fluors im Wasser (F in ppm)	0,1	1	2,6	4
Durchschnittliches Alter/Jahre	55,5	75,6	65,9	56,0
Zeit der Anwesenheit in einem Gebiet (Jahre)	28,1	21,5	32,9	21,3
Hüftbein F ¹	41	138	267	413
F ²	72	225	450	687
Brustbein F ¹	66			
F ²	134			
Rippe F ¹	50	139	257	398
F ²	86	241	432	629
Wirbel F ¹	54	160	286	411
F ²	112	323	598	802

Anmerkung zur Tabelle 2o:

F¹ = Fluorkonzentration bezogen auf trockene, fettfreie Basis

F² = Fluorkonzentration bezogen auf Aschenbasis

McCLURE und Mitarbeiter (1958) untersuchten bei 2 Frauen den Fluorgehalt der Knochen. Die eine Frau wohnte in Washington, 74 Jahre alt, nahm 24 Jahre lang vor ihrem Tod Trinkwasser mit einem Fluorgehalt von 0,2 ppm zu sich. Sie starb an einem Herzanfall. Die andere Frau, die einen Schlaganfall erlitt, starb mit 78 Jahren. Sie lebte 34 Jahre lang in Barlett/Texas, wo das Trinkwasser einen Fluorgehalt von 8,0 ppm aufwies.

Die Fluorkonzentration in den Knochen wurde mit der Destillationsmethode bestimmt. Tabelle 21 bringt eine Gegenüberstellung der Fluorkonzentrationen verschiedener Knochen dieser zwei Personen, die Trinkwasser von 0,2 ppm bzw. 8 ppm zu sich nahmen.

Tabelle 21: Fluorkonzentrationen verschiedener Knochen von 2 Personen die Trinkwasser mit 0,2 ppm bzw. 8 ppm zu sich nahmen. (F in ppm, bezogen auf trockenen, fettfreien Knochen)

Art des Knochens	F-Konzentration bei	
	0,2 ppm im Trinkwasser	8 ppm
Oberschenkel	62	551
Schienbein	67	-
Wadenbein	80	512
Schädeldach	92	653
Lendenwirbel	77	550
Brustwirbel	-	550
Halswirbel	86	-
andere Wirbel	-	530
Rippe	89	630
re. Becken	-	577
Rabenschnabel- bein	-	540
Hüftbein	78	-
Zwischenwirbel- knorpel	6	11

Der höchste Fluorgehalt wurde im Schädeldach bei der Frau aus Barlett festgestellt. Er betrug 653 ppm. Der niedrigste Fluorgehalt bei der gleichen Person betrug 512 ppm im Wadenbein. In krasssem Gegensatz dazu stehen der maximale Fluorwert im Schädeldach von 92 ppm und der Minimalwert von 62 ppm des Oberschenkelknochens bei der Frau aus Washington.

Aus den Angaben ist deutlich eine Anhäufung von Fluor im Knochen bei erhöhter Fluorzufuhr abzuleiten. Neben der Fluorzunahme im Knochen konnte der Autor auch eine leichte Zunahme der Verkalkung des Skelettsystems feststellen.

Die Fluorkonzentration in trockenen, fettfreien Knochen, wie sie von CALL und GREENWOOD (1958) gefunden wurden, sind in Tabelle 22 zusammengestellt. Aus der Tabelle ist ersichtlich, daß die Fluorkonzentration in allen Knochen fast gleich groß ist. Es ist nur eine deutliche Abhängigkeit der Fluorkonzentration vom Alter festzustellen. So liegen im Durchschnitt die Fluorkonzentrationen bei Personen im Alter zwischen 10 und 19 Jahren zwischen 60 und 90 ppm, während in der Altersgruppe zwischen 80 und 89 Jahren die Fluorkonzentration im Knochen zwischen 507 bis 635 ppm schwankt.

Tabelle 22 : Normale Fluorkonzentration menschlicher, trockener, fettfreier Knochen von 59 Autopsien (F in ppm) Schwankungswerte sind Mittelwerte.

Alter in Jahren	Schädeldach		Brustbein		Rippe		Hüftknochen		Wirbel	
0 - 9	-	190				230				230
	-	190				230				230
10 - 19	-	-	90	90	90		60		90	
	-	-	90	90	90		60		90	
20 - 29	200	-	200 - 360	340	170-300	120	200	270	320-360	150
	200	-	263	340	235	120	200	270	340	150
30 - 39	-	-	280	490	140-240	450		460	250-260	340
	-	-	280	490	190	450		460	255	340
40 - 49	420	360-960	220-690	350-500	220-600	260-770	200-630	300-480	300-740	300-650
	420	575	460	403	400	445	440	327	497	450
50 - 59	550-800	220-420	250-850	240-390	320-900	180-320	550-600	200-340	370-740	220-480
	643	296	584	312	538	256	575	258	550	333
60 - 69	340-500	500-640	240-1370	330-730	200-1190	330-610	250-470	350-570	250-1550	350-700
	420	570	519	523	466	430	316	470	600	525
70 - 79	270-600	240-720	250-730	360-1680	260-730	300-1440	260-560	350-1160	260-790	350-940
	407	458	414	846	405	696	374	624	392	674
80 - 89	530-840	440-600	520-880	320-690	400-580	460-610	420-700	560-590	470-620	300-760
	615	507	635	513	508	537	570	575	535	523

SMITH (1963) analysierte Rippen und Wirbel von Bewohnern aus Rochester N.Y., die lange Zeit dort wohnten. Die Proben wurden von 1950 bis 1952 gesammelt, noch bevor dem Trinkwasser dieser Stadt Fluor zugeführt wurde. Das Trinkwasser enthielt 0,1 ppm Fluor. Die Untersuchung ergab auch hier eine Korrelation des Fluorgehaltes im Knochen mit dem Alter der betreffenden Personen.

Eine begrenzte Zahl von brauchbaren Angaben über den Fluorgehalt in Rippe und Wirbel bei Personen, die einer hohen Fluorkonzentration in der Luft ausgesetzt waren, oder bei Personen, die eine ungewöhnlich große Fluoraufnahme aufweisen, haben STEINBERG und Mitarbeiter (1958) zusammengestellt.

Tabelle 24 zeigt die von verschiedenen Autoren gefundenen Werte.

Tabelle 24: Fluorgehalt verschiedener Knochen von Personen, die einer großen Fluoreinwirkung ausgesetzt waren (F in ppm).

Autor	Knochen	Alter	Fluor i. d. Asche	norm. Fluor bei Personen gleichen Alters
LINSMANN+	Wirbel	22	7500	450 + 225
McMURRAY (1943)	Brust- bein		6900	
KILBORN (1950)	Rippe	37	20830	690 + 345
	Wirbel		18650	670 + 335
WOLFF+	Rippe	48	15900	850 + 425
KERR (1938)	Wirbel		19880	830 + 415
ROHOLM (1937)	Rippe	52	9900	910 + 455
	Wirbel		9300	890 + 445
	Rippe	72	11200	1200 + 600
	Wirbel		13100	1180 + 590

Die höchsten Werte fand KILBORN (1950), dessen Proben von Personen stammen, die Trinkwasser mit einem sehr hohen Fluorgehalt zu sich nahmen. ROHOLM (1937) untersuchte die Knochen von Kryolitharbeitern, während WOLFF und KERR (1938) Knochen von Stein- und Phosphatstaub ausgesetzten Personen analysierten.

Aus der Arbeit von BLANEY (1962) geht hervor, daß die erhöhten Fluormengen im Knochen nicht nur von der täglichen Fluoraufnahme aus dem Trinkwasser, den Nahrungsmitteln, sowie der Luft abhängen, sondern, daß bei Funktionsstörungen der Niere sich die Fluorkonzentration in den Knochen deutlich erhöht.

Untersucht wurde der Hüftknochen von Autopsiefällen nach der Destillationsmethode mit anschließender spectrophotometrischer Fluorbestimmung. Den ermittelten Werten liegt eine Fluorkonzentration im Trinkwasser von 1 ppm zugrunde. Der höchste Wert wurde bei einer doppelseitigen Pyelonephritis mit 1204,64 ppm gefunden. Der Mittelwert der Fluorkonzentration bei Nierenkranken betrug 827,5 ppm im Gegensatz zu Patienten ohne pathologischen Nierenbefund, wo der Mittelwert bei 750,9 ppm lag.

JACKSON und WEIDMANN (1958) kamen zu dem Ergebnis, daß in England, wo sehr viel Tee konsumiert wird, der Fluorgehalt in den Knochen höher ist als bei normaler Kost. Die gefundenen Werte liegen bei einem Trinkwasser-Fluorgehalt in Leeds von 0,55 ppm bei 250-2940 ppm. In W.-Hartlepool, wo die Trinkwasser-Fluorkonzentration bei 1,9 ppm lag, wurde eine Fluorkonzentration von 160 - 5740 ppm ermittelt.

7. Normaler Fluorgehalt in menschlichen Zähnen

ARMSTRONG (1937) und ARMSTRONG und BREKHUS (1939) fanden in ihren Untersuchungen einen mittleren Fluorgehalt von 111 ppm im Schmelz gesunder Zähne. Im Dentin von gesunden Zähnen fanden sie 169 ppm Fluor. Darüber hinaus stellten sie fest, daß kariöse Zähne weniger Fluor enthalten. Kariöser Schmelz enthielt 69 bis 84 ppm.

MARTIN (1948) ermittelte 102 ppm Fluor im Schmelz. Den Fluorgehalt von Schmelz und Dentin kariöser Zähne gibt er mit einem Durchschnittswert von 133 ppm an.

TRUSWELL (1966) gibt den Fluorgehalt in den Zähnen mit einem Mittelwert von 100 ppm im Schmelz und 240 ppm im Dentin an. Diese Werte beziehen sich auf Trinkwasser mit einem niedrigen Fluorgehalt.

Bei einem Fluorgehalt von 1ppm im Trinkwasser beträgt der Fluorgehalt im Schmelz 133 ppm und im Dentin 385 ppm.

Eine gleichmäßige Fluorverteilung im Schmelz liegt nicht vor. Untersuchungen ergaben einen weitaus größeren Fluorgehalt der äußeren Schmelzschicht eines Zahnes als im Innern der Schmelzsubstanz. Bei einem Fluorgehalt von 1 ppm im Trinkwasser beträgt der Fluorgehalt der äußeren Schicht 1200 ppm (TRUSWELL 1966).

BRUDEVOLD (1960) hält die äußerste Schmelzschicht für härter und mineralreicher. In Tabelle 25 werden durchgebrochene und nicht durchgebrochene bleibende Zähne in ihrem Fluor-

gehalten gegenübergestellt. Die Zähne stammen von Personen, die in Rochester N.Y. lebten. Der Trinkwasserfluorgehalt betrug weniger als 1 ppm. Die nichtdurchgebrochenen Zähne, von denen die meisten dritte Molaren waren, wurden in Entwicklungsstufen eingeteilt. Die erste Stufe waren Zähne, deren Wurzeln teilweise entwickelt waren. Die dritte Stufe umfaßte Zähne mit vollständig ausgeprägten Wurzeln. Die Schmelzsubstanz wurde in 6 Schichten unterteilt und auf ihren Fluorgehalt untersucht.

Tabelle 25: Fluorgehalt in verschiedenen Schichten des Schmelzes bei durchgebrochenen und nichtdurchgebrochenen Zähnen (F in ppm)

Schicht	nichtdurchgebrochene Zähne			durchgebrochene Zähne
	I	II	III	
1	331	528	847	1247
2	101	232	391	667
3	57	150	201	404
4	33	96	172	315
5	-	-	88	176
6	-	-	64	147

Die Tabelle 25 gibt einen klaren Hinweis, daß sowohl bei durchgebrochenen und nichtdurchgebrochenen Zähnen mit zunehmender Tiefe der Schmelzschicht der Fluorgehalt abnimmt. Der Fluorgehalt der durchgebrochenen Zähne ist eindeutig höher als der der nichtdurchgebrochenen Zähne.

GEDALIA und Mitarbeiter (1967) untersuchten 72 nichtdurchgebrochene dritte Molaren mit unvollständigen und vollständigen Wurzeln. Die Zähne wurden 10 bis 40 Jahre alten Personen extrahiert. Die betreffenden Personen lebten in Jerusalem, wo das Trinkwasser eine Fluorkonzentration von 0,5 bis 0,6 ppm aufweist. Die Analysen wurden nach der Destillationsmethode durchgeführt und der Fluorgehalt colorimetrisch bestimmt. Der Mittelwert der Fluorkonzentration der verschiedenen Schmelzschichten variierte zwischen 59,2 und 141,7 ppm.

HADJIMARKOS (1962) konnte nachweisen, daß der Fluorgehalt im Schmelz nicht allein von der Trinkwasserkonzentration abhängt, sondern, daß auch eine stark fluorhaltige Nahrung, wie Fisch und Seesalz, zu einem erhöhten Fluorspiegel im Schmelz führt. Von Personen, die 15 bis 30 Jahre alt waren, wurden 18 bleibende Zähne gesammelt. Die Personen lebten ständig in der Stadt Saloniki in Nord-Griechenland. Der Fluorgehalt des Trinkwassers in dieser Stadt betrug 0,5 ppm. Die ermittelten Fluorkonzentrationen im Schmelz lagen im Mittel bei 360 ppm. Diese Werte liegen in der Größenordnung der von McCLURE und LIKINS (1951) gefundenen Ergebnisse, wo ein Trinkwasserfluorgehalt von 2,5 ppm zu Grunde lag.

Ähnliche Werte fanden SHAW, GUPIA und MEYER (1956), die bei Indern aus Bombay und Dehli im Schmelz eine Fluorkonzentration von 184 bis 299 ppm ermittelten. Die Autoren führen den hohen Fluorgehalt auf den täglichen Fischkonsum zurück.

ELLIOT und SMITH (1960) untersuchten den Fluor-
gehalt im Schmelz und Dentin von Kindern, die
in St. John's (Neu Fundland) lebten. Der Arbeit
ging die Überlegung voraus, ob bei einer er-
höhten Fluoraufnahme durch die Nahrung der Fluor-
gehalt in den Zähnen ansteigt. Als tägliche Fluor-
menge, die von den Kindern aufgenommen wurde, wurden
1,74 ppm Fluor zugrunde gelegt. Die Menge erhöhte
sich auf 2,74 ppm bei der Aufnahme von 6 Tassen Tee.

Der hohe Fischkonsum und der Teeverbrauch sind die
Ursache dafür, daß die Fluormenge, die die Be-
wohner auf Neufundland zu sich nehmen, entsprechend
hoch ausfällt. Vergleichsweise nehmen die Bewohner
von Toronto und Sarnia nur eine tägliche Fluormenge
von 0,25 bis 0,50 ppm zu sich.

Es wurden 42 Zähne untersucht. Dentin und Schmelz
wurden nach der Diffusionsmethode analysiert. Die
ermittelten Werte sind in Tabelle 26 zusammengestellt.
Die Tabelle zeigt in abgeänderter Form den Fluorge-
halt im Schmelz und Dentin von Zähnen, die von
Kindern im Alter von 8 bis 17 Jahren stammten.

Tabelle 26: Durchschnittsfluorgehalt des Dentins
und Schmelzes der Zähne von Kindern
im Alter von 8 bis 17 Jahre (F in ppm)

Stadt	Schmelz	Dentin
Toronto	46,0	91,0
Sarnia	48,0	104,0
St. John's Neufundland	67,0	164,0

Die Autoren kommen zu dem Ergebnis, daß Fluor in Fisch und Tee von den Zähnen absorbiert und retiniert werden kann. Bei der Untersuchung war Voraussetzung, daß im Trinkwasser von Toronto und Sarnia sowie von St. John's, Neufundland, der Fluorgehalt gleichmäßig gering war.

GEDALIA, ROSENZWEIG und SADEH (1961) untersuchten den Fluorgehalt im Schmelz in der Oberflächenschicht von 30 extrahierten bleibenden Zähnen. Gleichzeitig ermittelten sie den Fluorgehalt im Speichel, um einen Zusammenhang über die Fluorkonzentration in Zahn und Speichel feststellen zu können. Den Untersuchungen lag die Dampfdestillation mit einer colorimetrischen Fluorbestimmung zugrunde.

Das Ergebnis der Untersuchung ist in Tabelle 27 zusammengefaßt. Der Fluorgehalt der oberflächlichen Schmelzschicht schwankt zwischen 100 und 1000 ppm. Mittelwert 486 ppm, der Fluorgehalt im Speichel zwischen 0,04 und 0,40 ppm, Mittelwert 0,18 ppm. Eine Beziehung zwischen dem Fluorgehalt im Speichel und dem Fluorgehalt der oberflächlichen Schmelzschicht konnte nicht festgestellt werden.

Tabelle 27: Fluorgehalt der oberflächlichen
Schmelzschicht und des Speichels
(F in ppm)

Fall Nr.	Fluor in der oberflächlichen Schmelzschicht	Fluor im Speichel
1	600	0,14
2	100	0,25
3	400	0,40
4	445	0,18
5	700	0,20
6	370	0,10
7	335	0,40
8	245	0,10
9	550	0,17
10	230	0,46
11	1000	0,34
12	660	0,16
13	250	0,15
14	246	0,13
15	945	0,10
16	300	0,20
17	400	0,10
18	453	0,06
19	200	0,06
20	210	0,05
21	715	0,12
22	850	--
23	200	0,20
24	620	0,15
25	500	0,04
26	900	0,27
27	850	--
28	300	0,10
29	550	--
30	550	0,18

Die gefundenen Werte liegen in der Größenordnung der von YARDENI, GEDALIA und Kohn (1963) gefundenen Fluorkonzentrationen im Schmelz. Ihr gefundener Mittelwert liegt bei 312 ppm. Als Mittelwert der Fluorkonzentration im Zement fanden sie 732 ppm. Die Methodik wird in der Arbeit nicht erwähnt.

HOLLOWAY, SPEIRS und SLACK (1965) verglichen in ihrer Untersuchung den Fluorgehalt extrahierter Zähne der Inselbewohner von Tristan da Cunha mit dem Fluorgehalt von Zähnen, die Briten extrahiert wurden.

Der ermittelte Fluorgehalt im oberflächlichen Schmelz und im Gesamtschmelz, sowie im Gesamtdentin und pulpanahem Dentin liegt signifikant höher bei den Zähnen der Inselbewohner von Tristan da Cunha.

Tabelle 28 zeigt eine Gegenüberstellung des Fluorgehaltes von Zähnen der Inselbewohner von Tristan da Cunha mit einigen Zähnen von Engländern. Die Werte sind Mittelwerte, die Angabe erfolgt in ppm.

Tabelle 28: Fluorgehalt von Zähnen der Inselbewohner von Tristan da Cunha und Zähnen von einigen Engländern (F in ppm)

Bleibende Zähne	Anzahl der Zähne		mittlerer Fluorgehalt		Unterschied
	T.	E.	T.	E.	
Gesamtschmelz	8	9	98,4	75,9	22,5
Gesamtdentin	8	8	243,3	190,1	53,2
Schmelzoberfl. Schicht 1	8	5	1166	901,2	264,8
Schicht 2	8	5	508,1	542,0	-34,1
pulpan.Dentin	0	5	869,5	859,4	9,9
Milchzähne					
Gesamtschmelz	4	5	30,2	43,4	-7,2
Gesamtdentin	4	5	132,0	108,8	23,2

8. Gesamtfluorgehalt blutleerer Leichen

SMITH und GARDNER (1963) haben den Fluorgehalt in einer Reihe von blutleeren menschlichen Leichen gemessen. Es wurde der Fluorgehalt der ganzen Asche dieser Leichen bestimmt. Obwohl der Aufenthalt dieser Personen nicht genau eruiert werden konnte, ist es als wahrscheinlich anzusehen, daß sie den größten Teil ihres Lebens in West New York verbrachten, wo die Fluorkonzentration im Trinkwasser ungefähr 0,1 ppm betrug. Die in Tabelle 23 angegebenen Werte reichen von 0,74 bis 4,76 g. Der Mittelwert dieser Untersuchungsreihe beträgt 2,57 g. Dieser Wert liegt in der Größenordnung des Gesamtgehaltes von Eisen und Zink im menschlichen Organismus.

Tabelle 23: Fluorkonzentration in der Asche
menschlicher Leichen (Fluor in g)

Alter	Geschlecht	gesamtes Aschenge- wicht kg	ges. Fluorgehalt g
36	m.	2,48	2,27
48	m.	4,41	3,28
54	m.	2,50	1,65
55	m.	2,50	3,70
57	m.	2,10	4,70
60	m.	2,50	1,37
65	m.	3,35	2,78
66	m.	1,97	1,98
68	m.	2,50	2,55
74	m.	2,26	3,36
74	m.	2,31	1,66
75	m.	2,00	2,39
76	m.	2,00	2,29
77	m.	1,70	3,65
77	w.	0,79	0,74
81	m.	1,57	1,55
82	m.	2,58	3,86
83	m.	2,20	3,31
85	w.	1,50	0,85
85	m.	2,57	3,31

V. Möglichkeiten der physiologischen Fluorzufuhr

1. Tägliche Fluoraufnahme

MACHLE, SCOTT und LARGENT (1942) haben in Gebieten mit praktisch fluorfreiem Trinkwasser 0,45 ppm Fluor in der durchschnittlichen Gesamtnahrung gefunden.

LARGENT und HEYROT (1949) gelangen in ihren Untersuchungen über Resorption und Elimination der Fluoride zu einer täglichen Fluoreinnahme von 0,39 bis 0,48 ppm pro die, wenn eine Normal- und fluorarmes Trinkwasser zugrunde gelegt wird.

ARMSTRONG und KNOWLTON (1942) geben als tägliche Fluoraufnahme Werte von 0,25 bis 0,32 ppm pro die in der Kost an.

SCHMIDT (1952) kommt zu dem Ergebnis, daß täglich mit der festen Nahrung 0,35 bis 0,50 ppm Fluor aufgenommen werden.

McCLURE (1953) sieht eine tägliche Fluormenge von 0,20 bis 0,30 ppm in der Nahrung als normal an. Nimmt man noch die tägliche Wassermenge mit einem Durchschnittsfluorgehalt von 1 ppm an, so beläuft sich die Gesamtfluormenge pro Tag auf 1,4 bis 1,8 ppm.

Die Ergebnisse verschiedener Autoren über die täglich aufgenommene Fluormenge aus Nahrung und Trinkwasser sind in Tabelle 29 zusammengefaßt. Wie aus der Tabelle entnommen werden kann, hat die Fluorkonzentration im Trinkwasser einen unmittelbaren Anstieg der Gesamtfluormenge zur Folge. Eine Ausnahme bildet der Ort O'Donnell in Texas, wo bei einem Fluorgehalt im Trinkwasser von 18 ppm nur eine tägliche Fluormenge von 1,41 bis 1,49 ppm angegeben wird.

Tabelle 29: Tägliche Fluoraufnahme von Erwachsenen in verschiedenen Ländern (F in ppm)

Land	F in Nahrungs- mitteln einschl. F im Trinkwasser	Autor
Amerika		
Cincinnati(0,1)	0,34 - 0,80	HEYROTH (1954)
Calesburg (2)	0,94 - 1,16	HEYROTH (1954)
Ennis Texas (5-6)	1,32 - 1,35	HEYROTH (1954)
Lake Preston S. Dak. (6)	0,99 - 2,19	HEYROTH (1954)
Bartlett/Texas (8)	2,33 - 3,13	HEYROTH (1954)
O'Donnell/Texas (18)	1,41 - 1,49	HEYROTH (1954)
Norwegen	0,22 - 3,1	DANIELSEN+ GAARDER (1957)
Rußland	0,6 - 1,2	GABOVICH (1951)
Kanada	0,18 - 0,3	HAM + SMITH (1950)
Schweiz	0,5	v.FELLENBERG (1948)
England	0,6 - 1,8	LONGWELL (1957)

Anmerkung: Die Zahlen in Klammern bedeuten die Fluorkonzentration im Trinkwasser des jeweiligen Ortes

2. Fluorzufuhr durch Nahrungsmittel pflanzlicher Herkunft

GORDONOFF und MINDER (1960) sehen die Fluorkonzentration in Pflanzen nicht als eine feste Größe an, vielmehr hängt der Fluorgehalt von der Fluorkonzentration des Bodens ab, wo die Pflanze gedeiht. Faktoren, wie Fabriken, deren Abgase Fluor enthalten, Wind- und Wetterverhältnisse beeinflussen ebenfalls die Fluorkonzentration in Pflanzen.

Die Wurzeln der Pflanzen enthalten im allgemeinen mehr Fluor als die Blätter und Früchte (CHOLAK 1959). Eine starke Zunahme des Fluorgehaltes in den Blättern tritt allerdings dann auf, wenn eine Verschmutzung der Luft durch fluorhaltige Gase, insbesondere bei der Verbrennung von Kohle (CHURCHILL 1952) vorliegt.

Im Durchschnitt liegt die Fluorkonzentration der Pflanzen selten unter 0,10 oder über 10 ppm (NOMMIK 1954).

GORDONOFF und MINDER (1960) untersuchten einige Nahrungsmittel auf ihren Fluorgehalt. Die ermittelten Werte sind in Tabelle 30 zusammengestellt. Die Untersuchungsmethode wird nicht erwähnt. Die Angaben beziehen sich auf Trocken- und Frischsubstanz.

REID (1936) fand 0,7 bis 0,9 ppm Fluor im Reis, 1,7 ppm im Buchweizen und 4,0 bis 6,7 ppm Fluor in den Soyabohnen. Die Werte beziehen sich auf Frischsubstanz.

Tabelle 30: Fluorgehalt in Nahrungsmitteln
pflanzlicher Art (F in ppm)

Nahrungsmittel pflanzlicher Art	Frischgewicht	Trockengewicht
Spinat	0,21	1,69
Kopfsalat	0,1	1,25
Zwiebel	0,48	3,04
Bohnen	0,06	0,58
Gurke	Spuren	
Tee	-	4,75
Kaffee	-	2,50

WALDBOTT (1962) stellt in Tabelle 31 die normalen Fluorwerte in Pflanzen, wie sie von Mc CLURE (1953) ermittelt wurden, den erhöhten Fluorkonzentrationen gleicher Pflanzen aus Gebieten mit stark verunreinigter Luft gegenüber, wie sie von GISIGER (1956) gefunden wurden.

Es zeigt sich, daß besonders beim Blattgemüse eine starke Luftverunreinigung zu signifikant höheren Fluorkonzentrationen führt.

Tabelle 31: Fluorkonzentrationen gleicher Pflanzen aus Gebieten mit und ohne Luftverunreinigung (F in ppm)

Pflanzen	Durchschnittswerte nach McCLURE	Werte aus Gebieten mit verunreinigter Luft nach GISIGER
Spinat	1,11 - 7,97	16,0
Kohl	0,70 - 1538	-
Rüben	0,56 - 2,6	4,0
Blumenkohl	0,45 - 6,83	2,0
Karotten	1,30 - 8,4	5,0
Kopfsalat	0,42 - 11,3	62,0
Gurke	0,20 W	3,0
Tomaten	0,0 - 2,40	2,0
Orangen	0,07 - 34 W	
Aprikosen	0,08 - 0,24	1,0
Äpfel	0,035 - 1,32	2,0
Kirschen	0,18 - 0,25	0,9
Johannisbeeren	0,12 W	12,0

In der gleichen Arbeit stellt WALDBOTT die Durchschnittswerte der Nahrungsmittel pflanzlicher Herkunft zusammen.

Tee ist die einzige Pflanze mit einem Fluorgehalt von 9 - 400 ppm. In einigen Teesorten wurde ein Fluorgehalt von 1758 ppm ermittelt. Diese Angaben beziehen sich auf fettfreie Trockensubstanz. Ein Engländer, der 6 Tassen Tee täglich trinkt, nimmt mit dieser Flüssigkeitsmenge eine Fluormenge von 1 mg zu sich.

Getreide: Im Getreide ist verhältnismäßig wenig Fluor enthalten. Im Durchschnitt beträgt die Fluorkonzentration 1 ppm. Roggen, Weizen und Gerste enthalten mehr Fluor als Hafer und Reis.

Gemüse: Besonders das blattreiche Gemüse enthält viel Fluor. Bezogen auf Frischgewicht beträgt der Fluorgehalt im Mittel 0,10 - 0,30 ppm.

Obst: Obst enthält wenig Fluor. Der Durchschnittswert bei Zitrusfrüchten liegt bei 0,07-0,36 ppm. Andere Obstsorten enthalten 0,35-2,1 ppm. Äpfel, die mit einem fluorerhaltigen Schädlingsbekämpfungsmittel gespritzt werden sind enthalten 2-5,5 ppm.

Wein: Die normale Fluorkonzentration liegt im Wein bei 0,05-0,3 ppm. Eine deutliche Erhöhung des Fluorgehaltes im Wein findet sich bei Weinsorten, die in der Nähe aktiver Vulkane wachsen. So werden Fluorkonzentrationen bis zu 18,1 ppm gefunden (FABRE 1934).

Bier: Hopfen und Malz sind verhältnismäßig reich an Fluor. Im Durchschnitt enthalten sie 0,9 - 12,2 ppm. Abhängig ist die Fluorkonzentration davon, ob fluoriertes Wasser benutzt wird, was naturgemäß zu einem höheren Fluorgehalt führt.

Den Nahrungsmitteltabellen von SCHALL (1967) sind die folgenden Werte für die Fluorkonzentration pflanzlicher Nahrungsmittel entnommen. Es sind in der Tabelle 32 nur solche Nahrungsmittel angeführt, bei denen eine Fluorkonzentration analytisch festgestellt werden konnte.

Die Werte sind mit Vorsicht zu gebrauchen,
da nicht festzustellen ist mit welcher
Methode sie gewonnen wurden.

Die Fluorwerte sind in ppm angegeben.

Tabelle 32 : Fluorkonz. in Nahrungsmitteln pflanzlicher Art (F in ppm)

<u>Getreide</u>	F in ppm	<u>Obst</u>	F in ppm
Gerste ganzes Korn	2,40	Apfel	0,08
Graupen	2,00	Aprikosen	0,14
Hafer, Korn	0,95	Banane frisch	0,23
Hafergrütze	0,35	Birne	0,06
Haferflocken	0,01-0,06	Erdbeere	0,18
Mais, Korn	0,02	Feige, grün	0,20
Reis, Korn	0,67-0,80	Hasennuß	0,17
Reis, geschält	0,67	Heidelbeere	0,02
Hirse	0,20-0,90	Johannisbeere	0,12
Reis, Korn poliert	0,50-0,70	Kirsche	0,18
Roggen, Korn	1,50	Mandel	0,90
Roggemehl, dunkel	0,61	Melone	0,11
Weizen, Korn	0,93	Pfirsich	0,21
Weizenkeime	0,88	Pflaume	0,02
Weizenkleie, grob	0,29	Stachelbeere	0,11
Weizenmehl, I.Mahlung	0,27	Walnuß	6,80
Weizenweißbrot	0,61	Weintraube, hell	0,16
Steinmetzbrot	0,56	Grapefruitsaft	0,15
		Traubensaft	0,09

<u>Gemüse/Hülsenfrüchte</u>	F in ppm	<u>Pilze</u>	F in ppm
Bohnen, grün, frisch	0,12	Steinpilze	0,62
Erbse, Vicia faba	0,24	Champignon	0,31
Gurke	0,20	Pflifferline	0,50
Karotte	0,40		
Kartoffel roh, mit Schale	6,40		
Kartoffel, geschält	0,50	<u>Gewürze/Genußmittel</u>	
Kohl, Oleracea	0,15	Kaffeebohnen, geröstet	0,05
Kohl, äußere Blätter	0,80	Schokolade, milchfrei	0,50
Grünkohl	0,10	Schokolade, Vollmilch	0,50
Rotkohl	0,12	Tee	95,00
Kohl, Chinakohl	0,15		
Kohl, Weißkohl	0,12	Majoran	1,92
Kohl, Blumenkohl	0,12	Bohnenkraut	2,67
Kresse, Brunnen-	0,24	Selleriekraut	0,70
Kresse, Garten-	0,24	Basilikum	0,55
Linsen, Lens culinaris	0,23		
Mangold	0,32-0,38		
Petersilie	1,10		
Rhabarber	0,01		
Rübe, Kohlrübe	0,30		
Rübe, Rote -	0,20		
Salat, Kopf -	0,32		
Sellerie, Knolle	0,44		
Sojabohne	5,00		
Spargel	0,48		
Spinat	2,80		
Tomate	0,34		
Tomatenketchup	0,90		
Zwiebel	0,42		

3. Fluorzufuhr durch Nahrungsmittel tierischer Herkunft

LARGENT (1950) untersuchte den Fluergehalt der Organe von 3 Kühen, die 4 bis 9 Jahre in der Nähe einer Rock-Phosphat verarbeitenden Fabrik gelebt haben. Die Grasproben von den Weiden zeigten 300 ppm Fluergehalt, Ulmenblätter sogar einen Fluergehalt von 7000 ppm. Die Werte beziehen sich auf die Frischsubstanz.

Tabelle 33: Fluorgehalt in Organen von Kühen, die in der Nähe einer Rock-Phosphat verarbeitenden Fabrik gelebt haben (F in ppm Frischsubstanz)

Kuh Nr.	1	2	3
Dauer des Aufenthaltes auf der Farm in Jahren	8-9 J.	9 J.	4 J.
Organ	F-Gehalt in ppm Frischsubstanz		
Niere	4,23	1,30	1,68
Leber	0,80	0,31	0,57
Lunge	2,82	0,85	1,10
Gehirn	3,34	1,35	9,60
Milz	0,90	0,58	0,46
Herz	0,77	0,39	0,43
Magen	11,00	1,56	-
Eingeweide	1,74	2,74	-
Gallenblase	-	0,72	0,58

OELSCHLÄGER (1968) gibt nach eigenen Untersuchungen den Fluergehalt in Organen beim Rind und Schwein in Tabelle 34 an.

Tabelle 34: Fluorgehalt beim Rind und Schwein
(F in ppm, Frischgewicht)

Organ	Rind	Schwein
Leber	0,25	0,32
Niere	0,51	0,34
Lunge	0,19	0,25
Milz	0,34	0,26

In Tabelle 35 sind die von McCLURE (1953) ermittelten Fluorkonzentrationen in Nahrungsmitteln tierischer Herkunft zusammengestellt.

Tabelle 35: Fluorkonzentration in Nahrungsmitteln tierischer Herkunft (F in ppm)

Fleisch	F-gehalt in ppm
Huhn	1,40
Round Steak	1,28
Rind	0,20 - 0,29
Schwein	0,20 - 0,34
Schweineschulter	1,20
Frankfurter Würste	1,67
Lamm	0,20 - 1,20
Leber	1,43 - 1,59
Eier	0,12 - 0,42
Milch	0,07 - 0,30

Den Nährwerttabellen von SOUCI, FACHMANN und KRAUT (1969) sind die Fluorkonzentrationen in Nahrungsmitteln tierischer Herkunft entnommen.

Die Fluorkonzentrationen in den folgenden Tabellen 36, 37, 38, beziehen sich auf 1000 g eßbare Rohware. Die Werte gelten nur für die unzubereiteten Nahrungsmittel nach Beseitigung des Abfalls.

In Tabelle 36 sind die Fluorkonzentrationen in Nahrungsmitteln tierischer Herkunft zusammengestellt. Darunter fallen die Produkte Sahne, Käse, Butter und Ei.

Tabelle 37 gibt die Fluorkonzentration verschiedener Fleischsorten wieder. Dabei werden die einzelnen Fleischsorten noch entsprechend unterschieden.

In Tabelle 38 sind die Fluorwerte von verschiedenen Fischsorten aufgeführt.

Tabelle 36: Fluorgehalt in Nahrungsmitteln tierischer Herkunft (F in ppm)

Nahrungsmittel	Schwankungsbreite
Kuhmilch	0,06 - 0,33
Sahne	0,05 - 0,28
Edamer Käse 40% Fett	(0,36 - 1,52)
Emmentaler Käse	(0,36 - 1,3)
Hühnerei (Gesamtinhalt)	0,10 - 1,10
Butter	1,5

Tabelle 37: Fluorgehalt in verschiedenen Fleischsorten

Fleischsorte	Fluorgehalt in ppm
Hammelfleisch	0,91
a) mittelfett	
b) Schnitzel	1,19
Kalbfleisch	0,7
Bug	0,59
Keule	0,71
Kotelett	0,7
Rindfleisch	
mittelfett	0,16 - 1,76
reines Muskelfl.	2,8
Rinderherz	0,40
Rinderleber	0,92
Schweinefleisch	
mittelfett	0,16 - 0,82
Vorderschinken	0,17 - 0,89
Kamm	0,17 - 0,83
Schinkenstück	0,15 - 0,84
Kotelett	0,15 - 0,82
Schweineschinken	0,88 - 2,94
ges.geräuchert,roh	

Tabelle 38: Fluorgehalt verschiedener Fischarten

Fischart	Fluorgehalt in ppm
Hering	1,0
Ostseehering	1,3
Kabeljau	4,0
Schellfisch	(0,91)
Aal	1,12
Lachs	3,71
Austern	0,033 - 0,21
Garnele	0,38
Bückling	2,21
Oelsardine	16 - 45
Stockfisch	3
Heringsfilet in	
Tomatensauce	21,4

Anmerkung: Die in Klammern angegebenen Werte sind älteren Datums und mit entsprechender Vorsicht zu gebrauchen.

CHOLAK (1959) kommt aufgrund der Angaben in der Literatur zu einem durchschnittlichen Fluorgehalt im Fleisch von 0,1 - 7,7 ppm bezogen auf Frischgewicht. Bei der Trockensubstanz ergeben sich ebenfalls Werte von 3,8 - 7,7 ppm.

Die Fluorkonzentration im Fisch liegt wesentlich höher. Unter Berücksichtigung der von den Autoren CHURCHILL (1937), CLIFFORD (1945), DANIELSON (1956), v. FELLEBERG (1948) ermittelten Werte ergeben sich nach CHOLAK (1959) Schwankungswerte von 0,10 - 24 ppm Frischsubstanz, während bei der Trockensubstanz Werte bis zu 84,5 ppm keine Seltenheit darstellen.

Der Grund für den erhöhten Fluorgehalt bei Seetieren liegt in dem Fluorgehalt der Meere, der im Durchschnitt zwischen 1- 8,72 ppm liegt. Besonders die Schalentiere speichern Fluor in einer größeren Menge, da sie reich an Ca sind. Wie die Pflanzen speichern die äußersten Schichten der Seetiere mehr Fluor als die inneren Schichten. So enthält die Haut der Sardine 5 mal mehr Fluor als der ganze Fisch (v.FELLEBERG 1948).

GORDONOFF (1962) ermittelte an der phosphatreichen Seeküste von Florida bei der Fischart der roten Schwammer einen Fluorgehalt von 50 ppm.

4. Fluorzufuhr aus dem Trinkwasser

Nachdem die Trinkwasserfluoridierung in steigendem Maß an Bedeutung gewinnt, sind eine große Anzahl von Untersuchungen über den Fluorgehalt der verschiedensten Gewässer durchgeführt worden. Es hat sich nämlich gezeigt, daß ein zu hoher Fluorgehalt bestimmte Zahndefekte, ggf. auch andere Schädigungen hervorrufen kann, während andererseits ein zu geringer Fluorgehalt die Entstehung der Zahnkaries begünstigt. Es ist nur ein schmaler Spielraum um etwa 1 mg/l Fluor im Trinkwasser, bei dem weder eine Dentalfluorose noch eine erhöhte Kariesanfälligkeit zu erwarten ist.

Die Gegenwart von Fluor im natürlichen Wasser wird zum ersten Mal von BERZELIUS (1822) beschrieben, als er in einem Brief an BERTHOLLET erwähnt, daß die Karlsbad-Quelle eine Fluorkonzentration von 3,2 ppm aufweist.

Die Oberflächenwasser sind im Gegensatz zum Quellwasser weniger fluorhaltig. Der Durchschnittsfluorgehalt der Oberflächenwasser liegt bei 1 ppm. Die Fluorkonzentration von Seewasser liegt unter normalen Voraussetzungen zwischen 0,86 und 1,40 ppm (THOMPSON 1933).

KRAFT und MAY (1937) ermittelten im Trinkwasser der Stadt München einen Fluorgehalt von 0,144 ppm. In einer Nachuntersuchung fand QUENTIN (1952) einen ähnlichen Wert von 0,115 ppm.

FRIESE (1955) konnte zeigen, daß über 200 Untersuchungen im Dresdener Bezirk F-Werte ergaben, die unter dem optimalen Wert von 1ppm lagen. Dieser Wert wurde meist beträchtlich unterschritten, Werte unter 0,5 ppm kamen selten vor.

Zu dem gleichen Ergebnis kamen HAACK und ZIMMERMANN (1952) bei ihren Untersuchungen über den Fluorgehalt des Trinkwassers im Rheinisch-Westfälischen-Industrieraum. Die Bevölkerung des Ruhrgebietes erhält Trinkwasser überwiegend aus teils uferfiltrierten, teils mit Grundwasser künstlich angereichertem "Ruhrwasser". Daneben dienen 4 Talsperren und zahlreiche Quellwasservorkommen der Trinkwasserversorgung.

Die Ruhr selbst zeigt im oberen Teil einen F-Gehalt zwischen 0,08 - 0,17 ppm. Im mittleren und unteren Teil stieg der F-Gehalt auf 0,20 - 0,23 ppm an. Die umfangreichen Untersuchungen von KAUFMANN und HEESCH (1953), die im Lande Nordrhein-Westfalen durchgeführt worden sind, zeigten ebenfalls, daß die Fluorkonzentration im Trinkwasser durchweg niedrig ist. Trinkwasserproben wurden auf ihren Fluorgehalt untersucht. Tabelle 39 zeigt die prozentuale Verteilung der 190 Trinkwasserproben bezogen auf entsprechende Fluorkonzentrationen.

Tabelle 39: Prozentuale Verteilung des Fluorgehaltes bei 190 Trinkwasserproben (F in ppm)

Fluorgehalt in ppm	Anzahl der Proben	% der untersuchten Proben
0,0	1	0,5
0,10	45	23,7
0,20	75	39,5
0,30	33	17,3
0,40	27	14,2
0,50	7	3,7
0,60	2	1,1

Die in Tabelle 39 angegebenen Werte zeigen, daß die größte Anzahl der Proben, nämlich 75, eine Fluorkonzentration von 0,20 ppm aufweisen. Umgerechnet auf die Gesamtanzahl der Proben sind dies 39,5 %.

NOMMIK (1953) führte in umfangreichen Untersuchungen Wasseranalysen durch. Nach seinen Ermittlungen bezogen 208 größere und kleinere Städte und Dörfer Trinkwasser mit einem Fluorgehalt von 0,0 bis 1,2 ppm.

MARTHALER und SCHAIT (1967) bestätigen in ihrer Arbeit, daß die ausgedehnten Analysen des Fluorgehaltes von Trinkwässern in der Schweiz, die FELLEBERG (1948) durchführte, durchweg eine niedrige Fluorkonzentration aufweisen. Die Durchschnittswerte liegen bei 0,1 ppm.

Der Fluorgehalt der Mineralquellen wurde von v. FELLEBERG (1948) untersucht. Die Ergebnisse beziehen sich auf Schweizer Mineralquellen. 24% erwiesen sich als wenig fluorreich. Die Fluorkonzentration betrug 0,1 ppm. Rund 28% hatten zwischen 0,1 und 0,3 ppm Fluor. 39% lagen über 0,5 ppm, davon 21% über 1 ppm. Als die fluorreichste Quelle in der Schweiz sind die Mineralquellen von Lavey-les-Bains mit 4,13 ppm, Baden mit 3,34 und Sissach mit 3,27 ppm zu nennen.

MARTHALER und SCHAIT geben (1967) eine Übersicht von BAÜMLER (1967) wieder, die den Fluorgehalt in den gebräuchlichsten Mineral- und Heilwässern der Schweiz beinhalten. Tabelle 40 zeigt den Fluorgehalt in einigen bekannten Mineralquellen.

Tabelle 40: Fluorgehalt in bekannten Mineralquellen

Bezeichnung, Herkunft	Land	ppm
Zurzacher, Zurzach	Schweiz	9,8
Vichy, Grande-Grille	Frankreich	8,7
Grenzacher, Grenzach-Baden	Deutschland	1,8
Emser Kränchen, Bad Ems	Deutschland	1,2
Staatliche Fachinger, Fachingen	Deutschland	0,20
Evian, Quelle Cachat	Frankreich	0,07

VI. Diskussion

Die Normalwerte des Fluors im menschlichen Organismus zeigen bei kritischer Betrachtung der Tabellen unterschiedliche Größen. Die Ursachen dieser Schwankungen sind vielfältiger Natur.

BREDEMANN (1956) weist darauf hin, daß die Zahl der neuen bzw. modifizierten älteren Verfahren außerordentlich groß ist. Er vertritt den Standpunkt, daß quantitative ältere Analysen in der Regel mit Skepsis betrachtet werden müssen.

Die unterschiedlichen Untersuchungsmethoden der Autoren mit unterschiedlicher Empfindlichkeit und Nachweisgrenze führen zwangsläufig zu verschiedenen Ergebnissen. Berücksichtigt man weiter die Tatsache, daß einige Autoren bei ihren Analysen die Frischsubstanz, andere die Trockensubstanz zugrunde gelegt haben, so wird ein genauer Konzentrationsvergleich noch zusätzlich erschwert.

NOMMIK (1953) sieht eine Zusammenstellung der erreichbaren Daten über den Fluorgehalt in den Nahrungsmitteln als wünschenswert an, gibt aber zu bedenken, daß durch die großen Unterschiede der Fluorkonzentration in den Proben verschiedener Herkunft eine klare Aussage nicht möglich ist. Gerade bei Pflanzen wird die Fluorbestimmung schwierig, da die Verwendung von fluorhaltigen Konservierungs- und Schädlingsbekämpfungsmitteln die Werte verfälscht (BREDEMANN 1956).

Auf eine große Anzahl von Fehlermöglichkeiten bei der Bestimmung von Fluor weist OELSCHLAGER (1962) hin. Voraussetzung für exakte Werte ist die Verwendung von einwandfreien Materialien bei der Fluoranalyse. Wichtig ist, daß die auf Fluor zu untersuchende biologische Substanz nicht in einem Muffelofen verascht wird, in dem hin und wieder Proben eingebracht werden, aus denen Fluor flüchtig wurde. Der Einfluß der Veraschungstemperatur, die in der Literatur mit 550 bis 650°C angegeben wird, führte nach Meinung des Autors, selbst bei Ausschaltung sämtlicher Fehlerquellen, zu erhöhten Fluorwerten. So wurde bei Absaugen des Muffelofens bei 600°C eine Fluormenge von 70,8% gefunden, während bei 450°C kein gasförmiges Fluor festgestellt wurde.

SOUCI, QUENTIN und INDINGER (1958) machen darauf aufmerksam, daß durch die Ofenauskleidung Fluor in die Proben gelangen kann.

GORDONOFF (1962) lehnte es ab, bei Proben mit geringem Fluorgehalt für den Destillierkolben Jenaerglas zu nehmen. Diese Glasart enthält relativ viel Fluor, etwa 130 mg/100g. Demgegenüber ist der Fluorgehalt von Pyrexglas mit 7 bis 13 mg/100g verhältnismäßig gering. Für biologische Untersuchungsmaterialien ergibt der Quarzdestillierkolben die besten Ergebnisse.

Ein erheblicher Fehler bei der Bestimmung von Fluor kann dadurch entstehen, daß in der destillierten Flüssigkeit solche Oxydationsmittel vorhanden sind, die das in sämtlichen biologischen Substanzen enthaltene Chlorid zu Chlor oxydieren. Bereits geringe Mengen von im Destillat enthaltenem Chlor täuschen sowohl bei der volumetrischen als auch bei der kolori-

metrischen Methoden beachtliche Fluormenge vor.

QUENTIN und INDINGER (1959) sehen bei den maßanalytischen Fluorbestimmungen Schwierigkeiten in der Erkennung des Titrationspunktes, so daß besonders bei sehr geringen Fluormengen durch Beobachtungsfehler des Analytikers Ungenauigkeiten entstehen.

Um Rückschlüsse auf eine evtl. vorliegende Fluorintoxikation ziehen zu können, muß man vor allem die Maximalwerte in den Organen kritisch untersuchen. Durch eine erhöhte Fluoraufnahme aus der Nahrung oder dem Trinkwasser treten Schwankungen auf, die man auf jeden Fall beachten sollte.

Die in der Arbeit zusammengestellten Werte können nur als grober Anhalt dienen. Um eine Fluorvergiftung exakt feststellen zu können, muß man zusätzlich noch die Vorgeschichte, das klinische Bild sowie die pathologisch-anatomischen Organbefunde berücksichtigen.

VII. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wird der physiologische Fluorgehalt im menschlichen Organismus untersucht. Die von verschiedenen Autoren ermittelten Werte werden gegenübergestellt und diskutiert. Fluor ist als Spurenelement im Organismus immer zu finden und wird durch Nahrungsmittel pflanzlicher und tierischer Art sowie durch das Trinkwasser aufgenommen. Eine Speicherung in den Organen findet außer im Skelett und in den Zähnen unter normalen Bedingungen nicht statt.

Die genaue Fluorkonzentration in dem menschlichen Organ anzugeben ist aufgrund der individuellen EB- und Trinkgewohnheiten sowie der unterschiedlichen Ausscheidung einzelner Personen sehr schwierig.

In der Diskussion am Schluss der Arbeit werden eine Reihe von Faktoren gestreift, die für die unterschiedlichen Angaben der einzelnen Autoren als Ursache in Frage kommen. Die Hauptfehlerquellen liegen in der Gewinnung des reinen Destillates und in der Bestimmung des Titrationspunktes durch den Analytiker.

VIII. Literatur-Verzeichnis

AGATE, J.N. and BELL, G.H.:

Industrial Fluorosis. A study of the hazard to man and animals near Fort William Scotland.
Med. Res. Council Mem. 22, 131 (1949)

ARMSTRONG, W.D.:

Fluorine content of enamel and dentin of sound and carious teeth
J. Biol. Chem. 119, 5 (1937)

ARMSTRONG, W.D. and BREKHUS, P.J.:

Fluorgehalt gesunder und kariöser Zähne.
J. dent. Res. 16, 309 (1939)

ARMSTRONG, W.D. and KNOWLTON, M.:

J. dent. Res. 21, 326 (1942)
zit. nach HELD (1955)

ARMSTRONG, W.D.:

Mechanismus of fluoride homeostasis
Arch. oral Biol. 4, 156 (1961)

BARNES, F.W. and RUNGIE, J.:

Potentiometric method for the determination of inorganic fluoride in biological material.
J. clin. Path. 21, 668 (1968)

BÄUMLER, zit. nach MARTHALER (1967)

BALLZCO, H. und WEISZ, H.:

Zum Nachweis des Fluorions.
Mikrochim. Acta (Wien) 751 (1957)

BERCOVICI, B., GEDALIA, J. and BRZEZINSKI, A.:

Fluorine in human milk. Its relation to urinary fluorine levels.
Obstet. and Gynec. 16, 319 (1960)

BERZELIUS, J.: Extrait d'une lettre de M. Berzelius aM. Berthollet.

Ann. chim. et phys. 21, 246 (1822)

BLACK and McKAY:

Mottled teeth: An endemic developmental imperfection of the enamel of the teeth heretofore in the literature of dentistry.
Dent. Cosmos 58, 781 (1916)

- BLOCH, L.: zit. nach PINTA (1966)
- BOWLER, R.G.: The risk of fluorosis in magnesium foundries
Brit. J. industr. Med. 4, 216 (1947)
- BREDEMANN, G.: Biochemie und Physiologie des Fluors.
2. Auflage, Akademie Verlag Berlin 1956
- BRUDEVOLD, F., STEADMAN, L.T. and SMITH, F.A.:
Inorganic and organic components of tooth structure
Ann. N.Y. Akad. Sci. 85, 110 (1960)
- BÜTTNER, W.: Fluorstoffwechsel bei niedriger und hoher Zufuhr von Fluoriden
Dtsch. zahnärztl. Z. 23, 123 (1968)
- CALL, R.A. and GREENWOOD, D.A.:
The effects of atmospheric fluorides on man.
USPHS Grant S-83, Natl. Inst. Health (1958)
- CALL, R.A., GREENWOOD, D.A.;
CECHEMINANT, W.H., SHUPE, J.L.,
NIELSEN, A.M., OLSON, L.E.,
LAMBORN, R.E. and DAVIS, R.V.:
Histological and chemical studies in man on effects of fluoride.
Publ. Hlth. Rep. 80, 529 (1965)
- CARLSON, C.H., ARMSTRONG, W.D. and SINGER, L.:
Distribution, migration and binding of whole blood fluoride valuated with radio-fluorine.
Amer. J. Physiol. 199, 187 (1960)
- CHOLAK, J.: Fluorides - a critical review. I. The occurrence of fluoride in air, food and water.
J. occup. Med. 1, 501 (1959)
- CHURCHILL, H.V., BRIDGES, R.W. and ROWLEY, R.J.:
Interference of phosphorus in the determination of fluorine.
Indust. & Engin. Chem. (Analytical Ed.) 2, 222 (1937)
- CHURCHILL, J.: The nature of atmospheric pollution in a number of industrials.
Proc. Nat. Air Pollution Symposium 2, 6 (1952)

- CLIFFORD, P.A.: Report on fluorine.
Assoc. Off. Agri. Chem. J. 28, 277 (1945)
- DANIELSEN, M.E. and GAARDER, T.:
Fluorine content of drinking water
and food in western norway. Pub. 1956.
Chem. Abst. 51, 2206 (1957)
- DeBOER, J.H.: Sensitive color reactions of Zr, HF
and F with Hydroxy - Anthraquinones.
Rec. Trav. chim. 44, 1071 (1925)
- ELLIOT, L.G. and SMITH, M.D.:
Dietary fluoride related to fluoride
content of teeth.
J. dent. Res. 39, 93 (1960)
- ERICSSON, Y. and ULLBERG, S.:
Autoradiographic investigations of the
distribution of F18 in mice and rats.
Acta. odont. scand. 16, 303 (1958)
- FABRE, H. et. BREMOND, E.:
Les fluosilicates et les vins.
Ann. Fals. 27, 453 (1934)
- v. FELLENBERG, T.: Zur Frage der Bedeutung des Fluors für
die Zähne.
Mitt. G. Lebensmitt. Hyg. 39, 124 (1948)
- FRIESE, W.: Die Bedeutung des Fluors im Trinkwasser.
Pharmaz. Z. Halle Dresden und Leipzig
94, 337 (1955)
- GABOVICH, R.D.: (Fluorine in Food Products)
Gig. i. Sanit. 6, 31 (1951)
- GAUTIER: zit. nach SCHMIDT (1952)
- GAY-LUSSAC et THENARD:
Sur l'acide Fluorique.
Ann. Chim. 69, 204 (1809)
- GDALIA, J.: Urinary fluorine levels of children
and adults.
J. dent. Res. 37, 601 (1958)
- GEDALIA, J., BRZEZINSKI, A.
and BERCOVICI, B.:
Urinary fluorine levels in woman
during pregnancy and after delivery.
J. dent. Res. 38, 548 (1959)

GEDALIA, J., BRZEZINSKI, A.
and LAZAROV, E.:

Placental transfer¹ of fluorine
in the human fetus.
Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)
106, 147 (1961)

GEDALIA, J., ROSENZWEIG, K.A.
and SADEH, A.:

Fluorine content of superficial
enamel layer and its correlation
with the fluorine content of
saliva, tooth age, and DMFT count.
J. dent. Res. 40, 865 (1961)

GEDALIA, J., KFIR, J.
and AZAZ, B.:

Fluoride in the surface enamel
of unerupted teeth.
J. dent. Res. 46, 1465 (1967)

GETTLER, A.O. and ELLERBROOK, L.:

Toxicology of fluorides.
Amer. J. med. Sci. 197, 625 (1939)

GISIGER, L.:

Fluoride damage in the area of
Rheinfelden and Mählin.
Mitt. Lebensmitt. Hyg. 47, 333 (1956)

GIUBILEO, M. et CAMERA, V.:

Concentrazione del fluors nelle
urine di soggetti normali et in
altri materiali die interesse biologico.
Med. Lavoro 51, 187 (1960)

GLOCK, G.E.:

zit. nach STEINBERG (1958)

GORDONOFF, T. and MINDER, W.:

Fluorine.
Wld. Rev. Nutr. Diet. 2, 209 (1960)

GORDONOFF, T.:

Toxikologie des Fluors.
Amer. J. med. Scis. 345, 29 (1962)

HAACK und ZIMMERMANN:

Über den Fluorgehalt des Trinkwassers
im Rheinisch-Westfälischen Industrie-
raum.
Zbl. Bakt. I. Abt. Orig. 158, 304 (1952)

HADJIMARKOS, D.M.:

The fluoride content of enamel in
a group of greek teeth.
Arch. oral Biol. 7, 651 (1962)

- HALL, R. J.: The spectrophotometric determination of submicrogram amounts in fluorine in biological specimens.
Analyst, 88, 76 (1963)
- HAM, M.P. and SMITH, M.D.: Fluoride studies related to the human diet.
Canad. J. Res. 28, 227 (1950)
- HARTMANN: zit. nach SCHMIDT (1952)
- HAUCK, G. und TERAJ, H.: Fluorbestimmung in biologischem Material mit dem Ringofen.
Mikrochim. Acta (Wien) 5, 979 (1968)
- HELD, H.R.: Der Durchtritt des Fluors durch die Placenta und sein Übertritt in die Milch.
Schweiz. med. Wschr. 82, 297 (1952)
- HELD, H.R.: Fluormedikation und Blutfluor.
Schweiz. med. Wschr. 54, 251 (1954)
- HEYROTH, F.F.: Progress report of the work done under Public Health Service Grant G 3363: Ingestion of fluoride derived from the drinking water and its elimination by man.
(1954)
- HOLLOWAY, P.J., SPEIRS, R.L. and SLACK, G.L.: Fluoride content of extracted teeth from some islanders of Tristan da Cunha.
Brit. dent. J. 118, 283 (1965)
- JACKSON, D. and WEIDMANN, S.M.: Fluorine in human bone related to age and the water supply of different regions.
J. Path. Bact. 76, 451 (1958)
- KAIDA, K. and TANAKA, K.: zit nach MATUURA (1955)
- KAUFMANN, H. und HEESCH, A.: Über den Fluorgehalt der Trinkwässer im Lande Nordrhein-Westfalen.
Z. Lebensmitt. Untersuch. 96, 317 (1953)

- PALETTA, B. und BEYER, W.:
Direkte elektrometrische Fluoridbestimmung im Harn.
Wien, med. Wschr. 119, 829 (1969)
- PFENNIGER, H.:
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 63,
157 (1953)
zit. nach HELD (1954)
- PINTA, M.:
Detection and determination of trace elements.
Israel Program for Scientific Trans-
lation
Jerusalem 1966
- PRICE, M. J. and WALKER, O.J.:
Determination of fluoride in water
by the aluminium-hematoxylin method.
Anal. Chem. 24, 1593 (1952)
- OUENTIN, K. E.:
zit. nach BREDEMANN (1956)
- QUENTIN, K, E. und INDINGER, J.:
Beiträge zur Analytik kleiner Fluor-
mengen in Lebensmitteln- und Wässern.
III. Die quantitative Fluoridbe-
stimmung.
Z. Lebensmitt. Untersuch. 110, 249
(1959)
- REID, E.:
Fluorine content of some chinese food
materials.
Chin. J. Physiol. 10, 259 (1936)
- RÖMPP, H.:
Chemie Lexikon.
7. Auflage
Franck'sche Verlagshandlung Stutt-
gart (1966)
- ROHOLM, K.:
zit nach STEINBERG (1958)
- SCHALL, A.:
Nahrungsmitteltabellen. Zur Auf-
stellung und Berechnung von Diät-
verordnungen für Krankenhaus, Sana-
torium und Praxis.
19. Auflage. Johann Ambrosius Barth,
Leipzig 1967
- SCHMID, Hch.:
zit. nach SCHMIDT (1952)

SCHMIDT, H.J.: Die Bedeutung des Fluors in der Pflanzenphysiologie.
Naturw. Rdsch. 7, 293 (1952)

SCHMIDT, H.J.: Fluormedikation und Blut.
Med. Mschr. 7, 429 (1952)

SHAW, J.A., GUPIA, O.P.
and MEYER, M.E.:

High fluoride content of teeth from communities with low fluoride water supplies.
Amer. J. clin. Nutr. 4, 246 (1956)

SINGER, L. and
ARMSTRONG, W. D.:

Determination of fluoride in blood serum.
Analyt. Chem. 26, 105 (1954)

SINGER, L. and
ARMSTRONG, W.D.:

Regulation of human plasma fluoride concentration.
J. appl. Physiol. 15, 508 (1960)

SINGER, L., ARMSTRONG, W.D. and
CAVENDER, D.R.:

Fluoride levels of plasma and cerebrospinal fluid.
J. dent. Res. 46, 455 (1967)

SINGER, L. and ARMSTRONG, W.D.:

Fluoride content of biological materials.
Proc. Int. Ass. Dent. Res. 107 (1968)

SMITH, F.A., GARDNER, D.E. and
HODGE, H.C.:

Investigations on the metabolism of fluoride.
II. Fluorine content of blood and urine as a function of the fluorine in drinking water.
J. dent. Res. 29, 596 (1950)

SMITH, F.A., GARDNER, D.E., LEONE, N.C.
and HODGE, H.C.:

The effects of the absorption of
fluoride.
V. The chemical determination of
fluoride in human soft tissues
following prolonged ingestion of
fluoride at various levels.
Arch. industr. Hlth. 21, 330 (1960)

SMITH, M.C., LANTZ, E.M.
and SMITH, H.V.:

The cause of mottled enamel, a defect
of human teeth.
Science 74, 264 (1931)

SMITH, F.A.: Distribution of total
fluoride.
in: Handbuch der experimentellen
Pharmakologie.
Hrsg.: O. Eichler, A. Fareh, H. Herken,
A.D. Welch
XX/I, 86 (1966) Springer, Berlin-Heidel-
berg-New York

STEGMANN, H. und JUNG, G.F.:

Abtrennung von Fluorwasserstoff
durch Diffusion und Mikroanalyse
von Fluorid.
Hoppe-Seylers Z. physiol. Chem.
315, 222 (1959)

STEINBERG, C.L., GARDNER, D.E.,
SMITH, F.A. and HOOGE, H.C.:

Fluoridation of public water
supplies and its relation to
musculoskeletal diseases.
New. Engl. J. Med. 258, 322 (1958)

STETTER: Enzymatische Mikroanalyse des
Fluor-Jons.
Chem. Ber. 6, 532 (1948)

SOUCI, QUENTIN, INDINGER:

Die Zusammensetzung der Lebensmittel.
Nährwert Tabellen I.
Wissenschaftl. Verlagsgesellschaft
M.B.H. Stuttgart 1969

SOUCI, FACHMANN, KRAUT:

zit. nach GORDONOFF (1962)

SOUCI, S.W., QUENTIN, K.E.
und INDINGER, J.:

Z. f. Lebensmittelunters. und
Forschung 108, 53 (1958)

TAVES, D.R.: Normal human serum fluoride concentration.
Nature, 211, 192 (1966)

THOMPSON, T.G. and TAYLOR, H.J.:

Determination and occurrence
of fluorides in sea water.
Indust. and Eng. Chem. 5, 87 (1933)

TRUSWELL, A.S.: Is fluoridation harmful?
Roy. Soc. Hlth. H. 86, 121 (1966)

WALDBOTT, G.L.: Fluoride in Clinical Medicine.
S. Karger, Basel, New York (1962)

WALDBOTT, G.L.: Fluoride and calcium levels in the
aorta.
Specialia 22, 835 (1967)

WALDO, A.L. and ZIPF, R.E.:

The determination of fluoride in
drinking water and biological materials.
J. Lab. clin. Med. 40, 601 (1952)

WILLARD, H.H. and WINTER, O.B.:

Volumetric method for determination
of fluorine.
Industr. Eng. Chem. Anal. 5, 7 (1933)

WILSON, G.: On the presence of fluorine in the
waters of Firth of Forth, the Firth
of Clyde and the German ocean.
Chem. Gaz. 7, 404 (1846)

WOLFF, W.A. und
KERR, E.G.:

zit. nach STEINBERG (1958)

WULLE, H.: Beiträge zur Mikro-Fluorbestimmung
im Blut.
Hoppe-Seylers Z. physiol. Chem.
169 (1939)

YARDENI, J.
GEDALIA, J. and KOHN, M.:

Fluoride concentration of dental calculus,
surface enamel and cementum.
Arch. oral Biol. 8, 697 (1963)

YUDKIN, E.P., CZERNIEJEWSKI, J.
and BLAYNEY, J.R.:

Evanston dental caries study.
XIII. Preliminary report on
comparative fluorine retention
in human tissues.
J. dent. Res. 33, 691 (1954)

ZIEGLER

zit. nach BERCOVICI (1960)
Bull. schweiz. Akad. med. Wiss.
12, 466 (1956)

ZIPKIN, J., LIKINS, R.C.,
McCLURE, F.J. and STEERE, A.C.:

Urinary fluoride levels associated
with use of fluoridated waters.
Publ. Hlth. Rep. 71, 767 (1956)

ZIPKIN, J., McCLURE, F.J.,
LEONE, N.C. and LEE, W.A.:

Fluoride deposition in human bones
after prolonged ingestion of
fluoride in the drinking water.
Publ. Hlth. Rep. 73, 732 (1958)

Herrn Prof. Dr. Dr. E. Weinig möchte ich für die freundliche Unterstützung und die Möglichkeit, im Institut für Rechtsmedizin zu arbeiten, danken.

Frau Prof. Dr. Dr. M. Geldmacher -von Mallinckrodt danke ich besonders herzlich für die Überlassung des Themas und die Hilfe, mit der sie meine Arbeit jederzeit unterstützte.

Lebenslauf

Am 8. Mai 1941 wurde ich, Jürgen Föller, in Dessau (Sachsen-Anhalt) als Sohn des Dipl. Ing. Ernst Föller und seiner Ehefrau Katharina, geb. Heldmann geboren. In Sulzbach am Main, Kreis Obernburg, besuchte ich ab 1947 fünf Jahre lang die Volksschule und anschließend in Aschaffenburg die Oberrealschule, an der ich im Juni 1962 die Reifeprüfung ablegte. Danach leistete ich eineinhalb Jahre meinen Wehrdienst bei der Bundeswehr. Im Sommersemester 1964 begann ich mein Studium der Zahnmedizin an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen, wo ich im Sommer 1966 die zahnärztliche Vorprüfung und am 22. Juli 1969 das zahnärztliche Staatsexamen bestand. Seit dem 1. Jan. 1970 bin ich Assistent der prothetischen Abteilung der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen.

Offsetdruck-Fotodruck

J. Hogl, 8520 Erlangen Hauptstr. 109, (Nähe Martin-Luther-Platz) Tel. 22990
